6e Année — N° 34 — Août 1939

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

(Météorologie, Séismologie, Magnétisme terrestre, Océanographie, Volcanologie, Hydrologie)

Paraissant tous les deux mois

SOMMAIRE

Ciels de la France d'Outre-Mer.
Origine africaine d'un cyclone tropical atlantique.
Phénomènes optiques observés à Papeete (Tahiti).
L'alimentation de Djibouti en eau potable.
Intensité et durée des chutes de pluie à Tunis.
Perte d'eau par rejaillissement sur les pluviomètres au Cameroun.
Notes et Informations.
Bibliographie.

PARIS Ve
LAROSE ÉDITEUR
11, RUE VICTOR-COUSIN

Prix du Numéro : 9 francs

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

LAROSE, Éditeur,
11, Rue Victor-Cousin, PARIS (Ve)
-:- Téléphone : Odéon 32-70 -:-
Chèques postaux : Paris 428.81

PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL
(6 numéros)

FRANCE ET COLONIES FRANÇAISES. . .	50 francs.
ETRANGER	60 francs.

Les abonnements sont payables d'avance à la souscription.

Chaque changement d'adresse
doit être accompagné de 1 franc en timbres-poste.

Prix des collections 1934, 1935 et 1936, l'une.	60 francs.
Prix du N° isolé de ces collections..	12 francs.

Tous droits de reproduction réservés

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer sont publiées sous les auspices du *Conseil de Perfectionnement des Services de Physique du Globe des Colonies*, et sous la direction de M. Henry Hubert, Inspecteur Général honoraire du Service Météorologique Colonial.

Chaque numéro contient des mémoires originaux, une chronique des questions de Physique du Globe intéressant les Colonies françaises et une revue bibliographique.

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer résument les recherches et observations faites par les météorologistes coloniaux et présentées dans les publications locales ; elles abordent en outre soit des études spéciales n'ayant pu trouver place dans ces publications, soit — et cela de préférence — des travaux d'ensemble concernant des groupes ou la totalité de nos territoires extérieurs. Elles se proposent de faire ressortir la variété et la nouveauté des recherches de Physique du Globe entreprises dans nos possessions lointaines et de réaliser une présentation synthétique des questions, considérées dans le cadre très vaste de notre domaine colonial.

J. AURICOSTE

Horloger de la Marine de l'État ;
de l'Observatoire du Bureau des Longitudes
et du Service Géographique de l'Armée

10, Rue La Boëtie, PARIS
Téléph. : Anjou 25-60

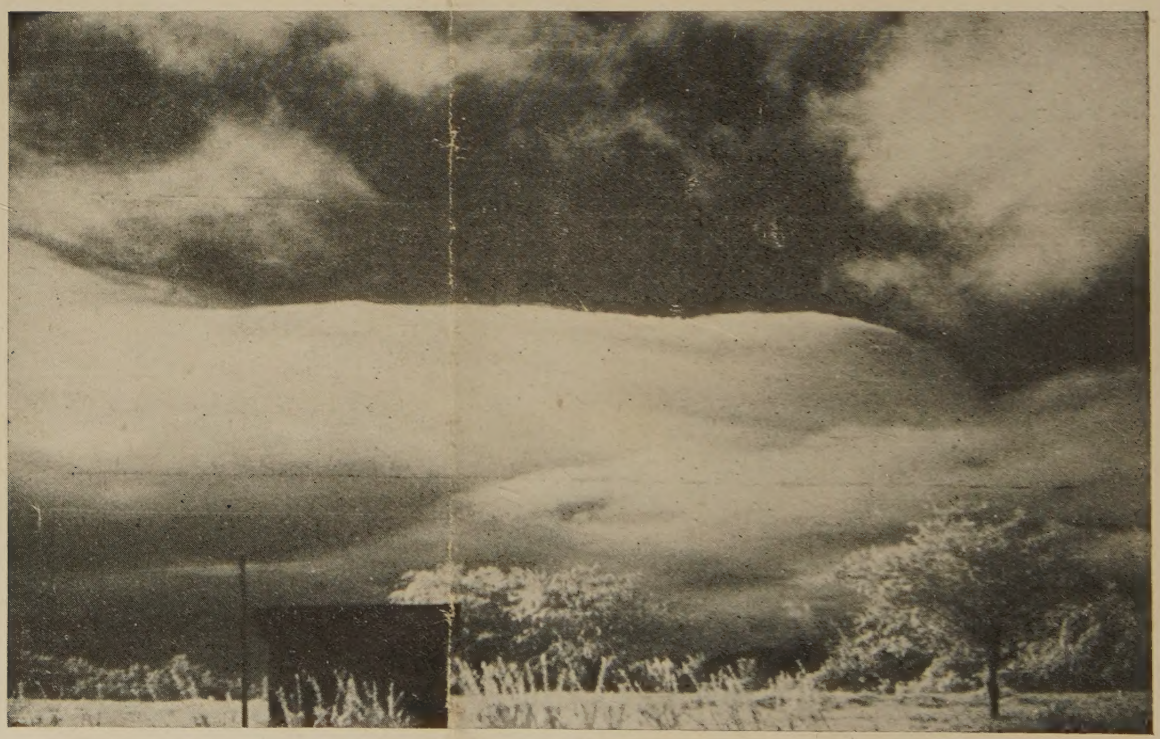
Études
Projets
et
Devis
gratuits
sur demande

Installation
de
Centres Horaires
—
Distribution
d'heure

HORLOGERIE DE HAUTE PRÉCISION
:-: PENDULES ASTRONOMIQUES :-:
:-: CHRONOMÈTRES DE MARINE :-:
CHRONOGRAPHES-COMPTEURS
:-: HORLOGERIE ÉLECTRIQUE :-:
Construction — Réparations

ANNALES
DE PHYSIQUE DU GLOBE
DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

Banc d'**altocumulus** en dissociation. Vue prise à la verticale.
Fort-de-France, 19 mars 1939.
Film infra-rouge, filtre rouge foncé.



Clichés S. Frolow.

Développement exceptionnel d'une **masse nuageuse lenticulaire** sur les pitons du Carbet (Martinique), après une forte averse due à l'arrivée d'air maritime équatorial.
Fort-de-France, le 19 février 1939 à 16 heures.
Film infra-rouge, Agfa, filtre rouge foncé. F. 1 : 2 ; pose 1/40 de seconde.

Origine africaine d'un cyclone tropical atlantique

I. Le cyclone tropical de New York

Au début de l'après-midi du 21 septembre 1938, un cyclone tropical, d'une violence extraordinaire, abordait le littoral des Etats-Unis, à environ 60 kilomètres à l'est de New York. Le centre de ce météore, de 12 à 30 kilomètres de diamètre, après avoir traversé Long Island, pénétrait dans le Connecticut. Pendant 400 kilomètres environ, jusqu'à la frontière du Canada, il suivait une direction sud-nord ; il commençait ensuite à décrire vers l'ouest une boucle presque fermée, qui le faisait d'abord passer au-dessus de Montréal au Canada, puis revenir dans l'Etat de New York. Il s'y évanouissait finalement dans la journée du 22 septembre. Fig. 19 (1).

Au fur et à mesure de sa progression, sur la terre ferme, sa violence, d'abord exceptionnelle, diminua peu à peu et il ne causa plus de dommages graves à partir de son entrée en territoire canadien.

Les ravages causés dans les premières heures de son parcours terrestre avaient coûté la vie à plus de 600 personnes. Des localités entières avaient été anéanties. Les dégâts matériels, évalués par la suite, dépassèrent 250 millions de dollars ; ils étaient dus à la fois à la violence du vent, à l'abondance de la pluie, et surtout, dans les parties maritimes, à une sévère marée de tempête.

Les vitesses suivantes du vent ont été observées : à Providence, 140 kil./h., avec une pointe de 150 kil./h. pendant une minute ; — à Fall River, plus de 160 kil./h. (limite d'enregistrement de l'anémomètre) ; — à Watch Hill, 190 kil./h. ; — à l'observatoire de Blue Hill, enfin, des rafales de 270 et 290 kil./h. ont été enregistrées.

La pluie, diluvienne surtout au début du cyclone, a ajouté ses effets à ceux du vent et a contribué à aggraver le désastre. Quant à la marée de tempête, provoquée par l'élévation de la mer sous l'influence de la dépression, et surtout par le refoulement, du fait de la violence du vent, elle s'est traduite par une montée des eaux sur la côte qui a atteint 8 m. 30 au-dessus du niveau moyen.

Sur les plages, les maisons en bois ont été balayées. Dans les ports, les rues et les places ont été si rapidement envahies par les eaux que les automobilistes durent, pour se sauver, abandonner précipitamment leurs voitures. Celles-ci furent, du reste, rapidement recouvertes par le flot envahisseur.

Pour tous les détails concernant l'activité de ce cyclone, le lecteur voudra bien se reporter aux publications éditées aux Etats-Unis (1). Je rappelle simplement que le météore avait été dépisté par le Weather Bureau dès le matin du 13 septembre, alors qu'il se trouvait vers 19° lat. N. et 37° long. W. Gr. et que son caractère de cyclone tropical avait été reconnu le 16 septembre, à la fois par le Weather Bureau et par le Service Météorologique de la Martinique.

***

L'expression cyclone tropical, appliquée ici à un météore qui a dépassé le 45e parallèle nord, peut paraître impropre. On sait cependant qu'on observe des cyclones tropicaux au Japon sous une latitude comparable. En fait, l'origine tropicale du cyclone du 21 septembre 1938 est évidente et il n'est pas possible de dire que ce météore ait été modifié de quelque manière que ce soit au cours de son voyage maritime, depuis qu'il a passé le tropique jusqu'à son arrivée au-dessus de Long Island. On notera d'ailleurs que, même lorsqu'il se trouvait sur la terre ferme, il n'a pas évolué comme une dépression de la zone tempérée, mais bien comme un cyclone tropical.

(1) Pour les figures accompagnant cet article voir p. 109 à 115.

Légende de la figure 19 : chiffres romains de VIII à XI, zones indiquées par le Service Météorologique de l'A. O. F. comme ayant une pression inférieure à 1015 mb du 8 au 11 septembre 1938 (les fig. 14 à 17 apportent de légères modifications à ces zones) ; — chiffres romains XV, XVIII et XX, positions données pour l'isobare 1015 les 15, 18 et 20 septembre 1938 par le Service Météorologique de la Martinique ; — cercles noirs, positions du centre du cyclone données par le Weather Bureau ; — carrés blancs, positions données par le Service Météorologique de la Martinique ; — cercles blancs, positions théoriques résultant de l'extrapolation des positions adoptées, dans le présent travail, du 8 au 11 septembre. Les nombres en chiffres arabes se rapportent aux quantièmes.

(1) En particulier, voir : I. R. Tannehill, Hurricane of September 1938, *Month. Weath. Rev.* sept. 1938, p. 286 ; — Ch. F. Brooks, Hurricane into New England, *Geog. Rev.* 1939, p. 119 ; — The great hurricane and tidal wave, Rhode Island, 21 sept. 1938, publication de la *Providence Journal Company*.

Ce vocable paraît donc bien devoir être conservé ici. Par abréviation, je dirai le cyclone de New York.

II. Possibilités de l'origine africaine du cyclone de New York

Déjà, à plusieurs reprises, je me suis efforcé de déceler l'origine des cyclones antillais dans des variations de pression de l'Afrique occidentale. Bien que les cyclones tropicaux soient inconnus dans cette dernière contrée, on pouvait présumer que certaines des dépressions qu'on y observe étaient susceptibles d'être rattachées aux perturbations de l'Atlantique occidental. Mais, soit insuffisance de documents, soit importance trop réduite des baisses barométriques constatées, aucun indice satisfaisant n'avait pu être retenu. La confrontation des chiffres des îles du Cap Vert n'avait pas donné de meilleurs résultats, ce qui laisse à penser que, dans bien des cas, les cyclones atlantiques n'ont pas une origine africaine, ou que, s'ils en ont une, celle-ci ne peut être décelée que par des procédés très délicats.

La distance, relativement très faible — 2.000 kilomètres environ — séparant le continent africain du point le plus oriental de la trajectoire du cyclone de New York déterminée par le Weather Bureau, incitait à de nouvelles recherches. Celles-ci, qui ont abouti à des résultats positifs, seront présentées ici dans l'ordre suivant :

1° dessin des isallobares de 24 heures (pour 7 heures du matin) (1) ;

2° dessin des isobares (pour 7 heures du matin) ;

3° raccordement d'une dépression africaine au cyclone de New York.

Pour établir d'une façon aussi correcte que possible le dessin des lignes de pression, j'ai eu recours à plusieurs séries d'observations : *a*) celles du Service Météorologique de l'A. O. F. pour l'Afrique tropicale ; — *b*) celles du Service Météorologique et de Physique du Globe de l'Algérie pour l'Afrique du Nord ; — *c*) celles données par l'O. N. M. pour le littoral atlantique.

Ce n'est pas formuler une critique que de dire que les tracés d'isobares et d'isallobares fournis par ces trois sources ne coïncident pas toujours dans les régions qui leur sont communes. On a donc été amené à reconstituer l'ensemble des cartes des régions étudiées. Si une telle reconstitution implique nécessairement une part d'interprétation personnelle, celle-ci a été réduite autant que possible, puisqu'on a toujours conservé intacts les chiffres de toutes les observations.

Le but de cet article étant de montrer la connexion entre certains météores africains et américains, les détails concernant le temps en Afrique occidentale, pendant la période considérée, seront volontairement négligés.

***

Le présent travail n'a pu être entrepris que parce qu'il a été possible de consulter des documents émanant à la fois de sources européennes, américaines (Etats-Unis, Martinique), et africaines (A. O. F., Algérie). Cette consultation a été facilitée du fait que les observations n'étaient rédigées qu'en deux langues (français, anglais). Mais la complication serait grande s'il fallait examiner un nombre important de recueils étrangers.

Les investigations nécessitées par le présent article ont permis, une fois de plus, de noter le disparate de la présentation des divers services météorologiques et le temps fort long qui s'écoule parfois entre la date des observations et celle où il est possible d'en avoir connaissance. Aussi, comme il y aura, de plus en plus, des météores dont l'histoire intéressera à la fois deux continents et un océan, il serait sans doute désirable que l'Organisation Météorologique Internationale, une fois qu'elle sera officialisée, pût s'employer à rendre obligatoire la réalisation du programme suivant :

a) Publication, par tous les Etats ayant adhéré à l'O. M. I., des observations détaillées des Services Météorologiques, cette publication étant toujours faite dans un très court délai après la date des observations, et étant présentée suivant un gabarit uniforme. Les valeurs données dans cette publication seraient toujours rapportées aux mêmes unités de mesure.

b) Echange obligatoire, de pays à pays, des recueils d'observations météorologiques établis dans les conditions indiquées ci-dessus.

III. Les isallobares de 24 heures en Afrique occidentale du 4 au 11 septembre 1938

Si les renseignements consignés ici ne remontent pas au delà du 4 septembre, c'est parce qu'avant cette date les phénomènes étudiés se produisaient

(1) L'heure choisie est celle pour laquelle on a le plus grand nombre d'observations.

dans des régions pour lesquelles on ne possède pas d'observations.

Afin d'examiner ces phénomènes dans le plus grand cadre géographique possible, on a tracé non seulement les isallobares de l'Afrique occidentale, mais aussi celles de l'Afrique du Nord. Ces dernières se sont révélées très différentes des premières. Non seulement elles sont beaucoup plus serrées — et cela au point qu'on a du mal à les tracer à l'équidistance du millibar, comme celles de l'Afrique occidentale — mais encore elles accusent un dispositif ayant une autre orientation. Aussi n'a-t-il pas paru utile de les présenter toutes ici ; leur tracé a été arrêté vers le nord à l'extrémité septentrionale du Sahara (région de Laghouat) (1), soit bien au delà de la limite du régime tropical, le seul qu'il y ait lieu d'étudier ici. On voit en effet, en se reportant aux figures 1 à 8, que la limite entre ce régime et le régime méditerranéen se trouve, pour la période considérée, entre les 25e et 30e parallèles.

Les seules isallobares utilisées sont celles de 24 heures. M. S. Frolow a déjà attiré l'attention sur certains de leurs caractères en A. O. F. (2) et sur l'imprécision à laquelle conduisait fatalement l'utilisation des valeurs d'égale pression pour cet intervalle de temps. On aura la confirmation de cette conclusion dans les pages qui suivent. Mais comme on ne se propose pas de pousser ici dans le détail l'étude des variations de pression et qu'on souhaite seulement faciliter la comparaison avec ce qui se passe dans les pays tempérés, il apparaît que l'utilisation de ces seules isallobares permettra d'arriver à ce résultat.

Il convient d'indiquer encore que les constatations faites par M. S. Frolow pour le mois de mai 1934 ne correspondent pas à celles formulées ici pour le mois de septembre 1938. Ceci est dû uniquement à ce qu'il s'agit de deux époques de l'année très différentes; la première traduisant une progression rapide des pluies vers le nord, tandis que la seconde, très voisine de l'extension maximale des pluies dans l'Afrique de l'ouest, comporte un régime plus régulier.

***

Un des caractères importants des isallobares étudiées ici est leur très grand écartement, ou si l'on préfère, leur très faible pente, leur très petit gradient. Pour faire des cartes ayant quelque cohésion, il faut tracer les courbes à l'équidistance du millibar et non des 5 mb., comme cela se fait pour les régions tempérées. Les noyaux qu'on parvient à dessiner ainsi accusent des variations journalières qui ont dépassé une fois seulement 6 mb, valeur très petite par rapport à ce qui est observé en Europe. Ces noyaux sont limités par des courbes fermées qui s'étendent entre l'équateur et le 30e parallèle et souvent ont moins d'extension en latitude.

De l'est à l'ouest, leurs limites, comptées d'une isallobare 0 à une autre isallobare 0, sont à des distances généralement comprises entre 1.000 et 4.000 kilomètres. Dans les régions orientales et centrales de l'Afrique occidentale, même lorsque les noyaux sont très développés en longitude, leurs isallobares centrales sont toujours resserrées dans le sens est-ouest, de sorte que *le dispositif général est celui de l'allongement suivant une direction subméridienne.*

Si l'on ne tient pas compte de l'isallobare 0, mais seulement de l'isallobare 1, les distances sont comprises — sauf un cas exceptionnel — entre 400 et 2.500 kilomètres, avec 7 cas sur 14 compris entre 1.000 et 1.500 kilomètres. L'allongement subméridien est donc très net. Dans les parties les plus occidentales de l'Afrique et sur l'Atlantique, les noyaux sont généralement beaucoup comprimés, surtout en latitude, si bien que sur l'océan leur allongement peut devenir est-ouest.

D'autre part, sans qu'il s'agisse pour cela d'une règle intangible, on constate que les noyaux positifs sont souvent moins étendus en longitude que les noyaux négatifs.

Ces deux types de noyaux alternent régulièrement. Leur centre géométrique se trouve souvent entre le 15e et le 20e parallèles, lorsque sa longitude correspond au 12° E. Gr. Il se déplace de l'est vers l'ouest en descendant un peu vers le sud, de manière à se trouver au voisinage du 15e parallèle au moment où il quitte le continent, vers le 17° long. W. Gr. La vitesse de déplacement sur la terre ferme, dans le sens est-ouest, est comprise, en gros, entre 500 et 1.200 kil. par jour, et dans le sens nord-sud, entre 0 et 150 kilomètres. Par exception, le déplacement peut aussi être sud-nord.

***

Si l'on envisage maintenant le détail de la répartition des noyaux isallobariques de 24 heures pour

(1) Les quelques localités portées sur les cartes jointes à cet article sont indiquées par une initiale, ou deux lettres, savoir A = Alger, A = Araouan, B = Bilma, B = Bouaké, C = Conakry, D = Dakar, FF = Fort-de-France, Ka = Kaolack, Ki = Kidal, L = Laghouat, M = Montréal, NY = New York, P = Paris, PE = Port-Etienne, S.L. = Saint-Louis, S.V. = Saint-Vincent, T = Tamanrasset.

(2) S. Frolow. — Les variations de la pression en A. O. F. en mai 1934. *Ann. Phys. Gl. Fr. Outre-Mer*, 1936, N° 14, p. 57.

la période et pour la région considérées, on est amené aux constatations suivantes (Fig. 1 à 8).

Le 4 septembre un noyau positif A, dont le centre est à la latitude de Port-Etienne, quitte le continent : ses dernières courbes se trouvent sur le littoral.

A l'est, un noyau négatif B a son centre sur Atar, avec un autre centre secondaire sur Conakry (1), puis un noyau positif C a son centre sur Araouan. Enfin un nouveau noyau négatif D, très allongé, a son centre au nord de Bilma, peut-être vers Ghat ; les renseignements manquent à ce sujet ; Bilma accuse simplement une baisse de 0,9 mb.

Le 5 septembre, le noyau négatif B s'engage fortement sur l'Atlantique et le noyau positif C se comprime beaucoup en se déplaçant dans le sud. Enfin le noyau négatif D s'étale largement en longitude. Son centre s'est surtout déplacé vers le sud. Il est au voisinage de Bilma. La baisse de pression observée dans cette localité (— 3,1 mb.) est sensible pour cette latitude. Elle ne présente cependant rien d'exceptionnel.

Le 6 septembre le noyau négatif B, dont la vitesse est très ralentie, quitte le continent. Le noyau positif C, très comprimé, est dans la zone littorale. Le noyau négatif D, dont la baisse a continué à s'accentuer (— 4,5 mb), et dont la surface a diminué, est centré sur Kidal. Son déplacement en longitude a été d'environ 1200 kilomètres, autant qu'on peut en juger par la position de sa moitié occidentale. A l'est enfin, apparaît un nouveau noyau positif E.

Le 7 septembre, le noyau négatif B a disparu. Le noyau positif C quitte le continent. Le noyau négatif D, très comprimé, continue à se creuser (— 5,5 mb à Araouan) ; il est centré à l'ouest de cette localité. Il ne s'est déplacé en longitude que de 800 kilomètres. Le noyau positif E est centré entre Agadès et Kidal

Le 8 septembre le noyau positif C a quitté le continent. Le noyau négatif D s'est engagé en partie sur l'Atlantique, mais son centre est encore sur le continent, à l'est de Kaolack. Il a continué à se creuser (— 6,3 mb) et à se contracter. Son centre a parcouru un millier de kilomètres vers l'ouest. Le noyau positif E centré vers Kabara, est suivi d'un noyau négatif F, centré à l'est de Bilma.

(1) La position des centres ne peut évidemment être indiquée que d'une manière approchée. Pour la clarté du texte on la donnera comme si elle coïncidait avec une localité importante. On doit naturellement sous-entendre qu'il s'agit de la région dans laquelle cette localité se trouve. Sur les cartes, les valeurs des isallobares sont indiquées, en chiffres romains, en *dixièmes* de millibar.

Le 9 septembre, les dernières isallobares du noyau négatif D s'engagent sur l'océan et il est malaisé de savoir s'il s'est modifié et quelle distance il a parcouru. Les renseignements à terre accusent une nouvelle contraction. Les observations de bateaux montrent que son centre doit être un peu à l'est du 20° long. W. Gr. Sa vitesse de déplacement aurait donc beaucoup diminué. Elle serait tombée à environ 500 kilomètres par jour.

***

Il paraît important d'insister sur ce dernier point. La figure 9 est une copie de l'ensemble des cartes 1 à 8. Elle comporte les mêmes indications. Celles-ci sont reproduites à la même échelle que sur les cartes pour toutes les latitudes, mais les latitudes sont comprimées de telle manière que sur chaque bande la ligne centrale correspond au 15e parallèle et les deux bords au 5e et au 25e parallèles. Il y a, si l'on veut, réduction des latitudes d'un tiers par rapport aux longitudes. Toutes les courbes sont par suite très déformées, écrasées, mais de la même manière, et cela permet, dans un dessin réduit en hauteur, de faire des comparaisons de masses pour la période du 4 au 11 septembre.

On voit aisément ainsi que les vitesses de déplacement journalières des centres des noyaux paraissent diminuer beaucoup dès que ceux-ci quittent le domaine continental pour s'engager sur l'océan. On dirait qu'ils adoptent un autre régime. A la réflexion il paraît normal qu'il en soit ainsi.

Le réchauffement de l'air au voisinage du sol diminue certainement sur l'océan, et ceci doit contribuer à la contraction des dépressions — voire même à leur comblement, si des causes mécaniques ne viennent pas s'y opposer. En outre, la présence de l'alizé septentrional maritime doit avoir pour effet de limiter la vitesse des noyaux. Le ralentissement et la contraction du noyau D sont donc normaux (1).

***

Pour la journée du 9 septembre on notera la progression vers l'ouest du noyau positif E, encore contracté, et l'individualisation, à l'est, du noyau de baisse F (la position du centre de celui-ci, très méridionale, est d'ailleurs hypothétique).

(1) Généralement il y a, en Afrique occidentale, contact, sans pénétration, de la mousson et de l'alizé septentrional, et à leur limite commune, zone de vents très faibles ou nuls. S'il y avait pénétration, comme c'est souvent le cas à la partie occidentale des océans, une circulation cyclonique se produirait. On en trouvera précisément un exemple ici.

Le 10 septembre, on trouve que le noyau positif E, engagé sur l'océan, a sa vitesse ralentie ; et que le noyau F a deux centres dont un, d'allure parasite, aura disparu le lendemain.

Le 11 septembre enfin, le noyau positif E a disparu et le noyau négatif F s'est comprimé en se déplaçant à plus faible allure dans l'ouest. Un nouveau noyau positif G est apparu.

L'ensemble des observations relatives aux isallobares, résumé dans la figure 9, traduit :

1° le déplacement des noyaux vers l'ouest ;

2° leur contraction au fur et à mesure de leur déplacement ;

3° le ralentissement de leur vitesse de déplacement dès qu'ils sont engagés sur l'océan.

***

Sans entrer dans le détail du temps qu'il a fait pendant la période considérée, il paraît intéressant de rechercher s'il y a un lien apparent entre la répartition des noyaux et la distribution géographique des orages et des grains orageux. Sur les cartes 1 à 8, on a figuré les pluies signalées dans les feuilles d'observations de l'A. O. F. : il s'agit seulement de celles observées depuis le Golfe de Guinée jusqu'à la latitude de Tamanrasset. Les précipitations de la basse Côte d'Ivoire et du bas Dahomey peuvent correspondre à des pluies de mousson et l'on ne peut imputer avec quelque certitude aux orages et aux grains orageux que les chutes d'eau portées au nord du 8e parallèle. Mais la plupart de celles-ci se rapportent au temps passé et ne correspondent plus, à la place où elles sont marquées, à la situation de 7 heures. Finalement, au point de vue de la correspondance, on ne peut tabler que sur les pluies du moment de l'établissement de la carte, ce qui ne laisse qu'un très petit nombre d'éléments d'information.

Dans l'ensemble, les grains accusent une répartition très sporadique, ne traduisant aucune relation simple entre eux et les isallobares de 24 heures. A priori, il doit bien en être un peu ainsi, puisque les noyaux de même signe se succèdent dans une même région à 3 jours 1/2 ou 4 jours d'intervalle, alors que les grains se manifestent souvent à des intervalles de 24 heures, parfois même à une cadence plus rapide.

Cela ne veut pas dire qu'il n'y ait aucune relation entre les grains et la pression. On sait du reste : 1° que ceux-ci sont liés à l'intensité des courants ascendants, par conséquent à des augmentations temporaires de la température, impliquant des diminutions locales de la pression ; — 2° que le passage des grains se traduit par une augmentation brutale de la pression. Seulement les variations barométriques liées aux grains peuvent se produire pendant des périodes relativement courtes que la pulsation de 24 heures ne vient pas mettre en évidence.

Ce qui prouve bien que la liaison entre les grains et les variations de pression existe, c'est que sur une douzaine de pluies de grain observées à 7 heures du matin, 7 correspondent à la seconde moitié de noyaux négatifs et 5 à la première moitié de noyaux positifs. Il est probable qu'en considérant des isallobares se rapportant à des intervalles inférieurs à 24 heures, on aurait une corrélation beaucoup plus étroite. On en trouve la preuve par le fait que des grains prennent naissance, les 8 et 9 septembre, dans la partie terminale du noyau D.

IV. Les isobares en Afrique occidentale du 4 au 11 septembre 1938

Par souci d'exactitude on a construit des cartes d'isobares aussi complètes et aussi étendues que possible — et d'ailleurs bien au delà des limites géographiques nécessaires pour le sujet étudié. Elles comprennent toute l'Afrique du Nord, où la répartition de la pression paraît sans grande influence *directe* sur ce qui se passe en Afrique occidentale.

En effet, si l'on considère le schéma de la répartition de la pression pour la période considérée, on voit qu'il est caractérisé par les éléments suivants :

a) Un grand centre dépressionnaire permanent occupe le Sahara central. Il peut être limité soit par une courbe fermée, soit par une courbe ouverte vers l'est ; celle-ci marque alors le raccord avec le Sahara oriental, et, au delà, avec le centre des basses pressions du continent asiatique. Pour la partie de l'Afrique qui nous occupe, le centre de la dépression est souvent voisin de Tamanrasset, aussi appellerons-nous celle-ci, pour simplifier, dépression de Tamanrasset (T), étant entendu qu'elle est susceptible de s'étendre, dans toutes les directions, à plus de 500 kilomètres de cette localité.

b) Au nord de cette dépression s'étend la ligne de 1015 mb qui, dans un sens large, limite au sud-est l'anticyclone des Açores (A) et est dirigée, en gros, du sud-ouest au nord-est. Elle peut passer à l'ouest des Canaries, ou encore mordre sur le continent, depuis les environs du Cap Juby jusqu'à Alger ou Tunis.

c) Au sud de la dépression de Tamanrasset — considérée dans son sens le plus large — on doit retrou-

ver une nouvelle ligne de 1015 mb, laquelle limite au nord l'anticyclone de Sainte-Hélène. Cette isobare existe bien en effet, et pour la période considérée, on pourrait s'attendre à la voir coïncider, en Afrique occidentale, avec une ligne presque droite allant des environs de Freetown aux environs de Cotonou.

A vrai dire, les choses sont plus compliquées. On constate en effet l'existence d'une zone de pressions un peu supérieures à 1015 mb qui occupe tout ou partie de la Côte d'Ivoire, et peut même s'étendre au delà. Cette zone subsiste en permanence du 4 au 11 septembre. On l'appellera ici anticyclone de Bouaké (B), parce que cette localité s'y trouve constamment incluse, en dépit de déformations importantes. Cet anticyclone est souvent limité par une courbe fermée et c'est seulement au sud de celle-ci que se développe l'isobare 1015 mb (Fig. 10, 12 et 13) qui limite les hautes pressions de l'Atlantique méridional. Parfois aussi l'anticyclone de Bouaké n'est pas limité par une courbe fermée ; il se présente alors comme une simple indentation vers le nord de l'isobare méridionale 1015 (Fig. 11, 14 à 17) (1).

Que l'anticyclone de Bouaké soit lié ou non à cette isobare, il n'en représente pas moins une avancée des hautes pressions de l'Atlantique sud vers le centre permanent des Açores. Entre ces deux zones anticycloniques se trouve un passage plus ou moins large — comprenant notamment la Guinée, le Sénégal et la Mauritanie — où les pressions sont à la fois plus faibles que dans les anticyclones des Açores et de Bouaké et normalement plus fortes que dans la dépression de Tamanrasset.

Suivant la position des isobares 1015 ce passage est plus ou moins étroit. Or c'est par là que s'échappent, vers l'ouest, des dépressions mobiles qui se détachent du centre cyclonique de Tamanrasset (2).

Afin de n'avoir pas à revenir sur ce point, on signalera dès maintenant que les dépressions mobiles coïncident exactement, en position, avec les noyaux négatifs dont il a été question précédemment. Les faibles variations de la pression en Afrique occidentale expliquent bien qu'il en soit ainsi.

(1) Au cours des pages suivantes les expressions isobare septentrionale 1015, isobare méridionale 1015, sont prises par rapport à l'A. O. F. La première concerne la limite sud de l'anticyclone des Açores, dans la partie nord de l'A. O. F., la seconde s'applique à la limite nord de l'anticyclone de Bouaké, dans la partie sud de l'A. O. F.

(2) Il ne faut pas prendre le mot dépression, employé ici, comme traduisant des baisses comparables à celles des pays tempérés. Le chiffre le plus bas atteint par la dépression qui sera spécialement étudiée dans cet article est de 1006 mb, 7 millibars seulement au-dessous de la pression moyenne.

On voit tout l'intérêt pratique de cette constatation. Si cette coïncidence a un caractère de généralité, elle permettra de déceler par la suite (dans une situation comparable à celle de septembre 1938) la formation prochaine des dépressions mobiles, lorsque celles-ci ne seront pas encore isolées du centre de Tamanrasset. C'est ainsi qu'en remontant dans le temps on peut établir qu'une des dépressions mobiles observées plus loin procédait du noyau négatif D.

On voudra bien noter encore, pour qu'il n'y ait pas lieu d'y revenir par la suite, que, s'il y a relation étroite entre le déplacement des dépressions mobiles issues du centre de Tamanrasset et celui des noyaux isobariques, la position de ces derniers n'a d'influence appréciable ni sur la situation moyenne de ce centre, ni sur celle des anticyclones des Açores ou de Bouaké. Il y a simplement déformation des limites de ces zones, et cela confirme, une fois de plus, que les variations traduites par ces noyaux sont trop faibles pour modifier le schéma général des pressions donné plus haut.

***

On examinera maintenant les caractères du dessin des isobares pour la période allant du 4 au 11 septembre (Fig. 10 à 17). Bien entendu, tout ce qui est relatif aux régions situées au nord de Tamanrasset sera normalement laissé de côté.

Le 4 septembre la répartition générale des isobares correspond au schéma général indiqué plus haut. Cependant, comme ceci paraît souvent la règle dans l'Ouest africain, les vents sont assez indépendants du dessin des isobares .

Pour voir clair dans leur répartition, il faut considérer indépendamment les uns des autres :

1° les vents de l'Atlantique et de la Mauritanie septentrionale, qui soufflent du nord, et qui sont sous la dépendance de l'anticyclone des Açores (alizé septentrional maritime **Asm**) (1) ;

2° les vents du secteur ouest, qui sont sous la dépendance de la dépression de Tamanrasset (mousson **M**), ceux-ci pouvant être renforcés localement par l'alizé méridional **Am** (issu de l'anticyclone de Sainte-Hélène), fortement dévié ;

3° les vents du secteur est, d'ordinaire localisés en altitude dans cette saison, mais qui descendent au sol au moment des grains orageux (courant équatorial **Ce**).

Le mauvais temps coïncide avec cette direction

(1) Pour les différents termes de vents employés ici, cf. H. Hubert, *Ann. Phys. Gl. Fr. Outre-Mer*, 1938, N° 26, p. 55-56.

de vent au sol, sauf pour la zone voisine du golfe de Guinée, où les pluies enregistrées sont souvent véhiculées à cette époque par la mousson, et peuvent alors venir du secteur ouest.

Si les vents au sol restent, dans différents secteurs, sous la dépendance directe de l'un ou l'autre des grands centres d'action, ils sont en outre influencés par les variations locales de la pression ; toutefois le réseau des observations est trop lâche pour qu'on puisse prétendre ajuster les isobares aux directions des vents.

Il est d'ailleurs possible qu'une telle opération ne soit pas réalisable, du fait que le dessin des isobares à 7 heures ne traduit qu'un état passager auquel ne se plie pas instantanément le régime des vents. Cela est si vrai que ce dernier est beaucoup plus en harmonie avec la distribution des isallobares de 24 heures, contrairement à ce qu'on pourrait supposer. Ceci s'explique assez bien, comme on va le voir, encore que cette distribution ne donne, comme on sait, qu'une image très incomplète des variations de pression.

Tandis que le schéma de la distribution générale des isobares montre la permanence des trois centres d'action auxquels sont liés l'alizé septentrional et la mousson (renforcée ou non par l'alizé méridional dévié), le schéma de la distribution des isallobares traduit la partie vivante du régime de la pression, il met en évidence une sorte de mouvement ondulatoire se superposant sans cesse au régime des centres d'action. Il y a par suite combinaison de deux types de mouvements de l'air : les uns sous la dépendance des centres d'action — les courants — les autres sous la dépendance des ondes de pression — les particularités locales (1). Et l'on comprend très bien que ces dernières s'ajustent fréquemment avec les isallobares de 24 heures, encore que celles-ci ne représentent qu'une faible partie des variations réelles de la pression.

La relation entre la distribution des perturbations et celle des isobares est aussi nette que pour les noyaux : les grains s'inscrivent le plus souvent dans la deuxième moitié des dépressions mobiles, et, plus rarement, dans la première moitié du passage des zones anticycloniques mobiles. Mais c'est là encore un schéma très grossier ; pour faire du bon travail de prévision, il faudrait pouvoir établir des cartes isobariques d'une grande finesse, à l'équidistance du millibar, par exemple. Le nombre très limité des stations barométriques, ainsi que l'incertitude où l'on est de la précision avec laquelle sont réglés les appareils, rendent illusoire une telle entreprise.

***

Pour en revenir à la carte isobarique du 4 septembre, l'élément le plus important à retenir est le rapprochement des deux isobares 1015, l'une appartenant à l'anticyclone des Açores, l'autre limitant l'anticyclone de Bouaké.

Le 5 septembre, on voit que la pince formée par les deux anticyclones a été desserrée et qu'elle a laissé passer une dépression isolée I, centrée sur la côte du Sénégal. La dépression de Tamanrasset s'est rétractée dans le nord-est ; mais il est malaisé encore de savoir comment elle se modifiera. Seul le creusement du noyau négatif D fait prévoir pour le lendemain une accentuation de la dépression de Tamanrasset.

Cette accentuation s'observe bien, en effet, le 6 septembre ; en outre une petite dépression locale II se place au sud du centre de Tamanrasset. L'isobare septentrionale 1015 s'est abaissée de nouveau vers le sud : une pince s'amorce encore ainsi entre les deux anticyclones. Quant à la dépression mobile I, elle s'est déplacée très lentement vers l'ouest.

La répartition des vents continue à n'être pas organisée par rapport à la carte des pressions de 7 heures.

Le 7 septembre, en harmonie avec le creusement du noyau négatif D, la dépression de Tamanrasset s'approfondit surtout à son extrémité sud-ouest (région voisine d'Araouan).

L'anticyclone de Bouaké s'est comprimé. Par contre, celui des Açores, dont on peut à peine alors mettre en évidence le renforcement, car on ne voit pas encore pointer en son centre l'isobare 1035, s'est étendu brusquement vers le sud et l'isobare septentrionale 1015 vient se développer en *doigt de gant* à travers la Mauritanie et le Sénégal jusqu'à la frontière de la Guinée française. C'est là une situation très particulière, puisque la pince constituée par les deux isobares 1015 se trouve presque fermée.

Comme conséquence de cet état de choses, le régime des vents subit de profondes modifications. L'alizé est en effet signalé sur le continent, à Atar, et les probabilités sont pour qu'il ait notablement dépassé cette latitude. De plus, le domaine de la mousson est fortement rejeté vers le sud. Il y a là une situation analogue à celle que j'ai signalée pré-

(1) Les vents d'est, qui s'ajoutent encore au moment des grains, constituent occasionnellement un troisième type de mouvements de l'air au sol, et compliquent singulièrement l'analyse.

cédemment comme correspondant à un cyclone tropical (1). La difficulté de pénétration de la mousson, par l'ouest, dans le continent, doit contribuer au creusement de la dépression formée en aval du *doigt de gant* — à l'est de celui-ci dans le cas présent. C'est bien ce qui se passe en effet, d'autant plus que la fermeture de la pince est à peu près complète. Toutefois, pour cette journée du 7 septembre, on n'observe pas encore d'une façon nette un régime cyclonique de vents organisé autour du centre de Tamanrasset.

Quant à la dépression I, elle continue sa route sur l'Atlantique. Une autre dépression mobile III s'est individualisée à son tour, à environ un millier de kilomètres au sud de I.

Le 8 septembre, la pince formée par les deux anticyclones s'est desserrée, l'isobare septentrionale 1015 s'étant fortement déplacée dans l'ouest. Mais alors, comme dans l'exemple du 5 septembre, une dépression mobile isolée IV s'est individualisée. Elle est d'autant plus creuse (environ 1006 mb) que le noyau D s'est lui-même creusé. Elle occupe pratiquement la même place que celui-ci, son point le plus bas étant, dans le Ferlo, à l'est de Kaolack.

Cette dépression mobile, qui nous occupera plus spécialement désormais, présente ce caractère exceptionnel — pour la région — d'avoir entraîné la formation d'un système de vents organisé par rapport aux isobares.

A l'ouest de cette dépression on remarque en effet que l'alizé septentrional maritime est parvenu en latitude jusqu'à Ziguinchor, ce qui est fort rare à pareille époque. Quant à la mousson, refoulée loin au sud dans la région côtière, elle contourne la dépression par le sud et par l'est. Enfin, le courant équatorial est descendu accidentellement au sol en donnant naissance à un grain sec à Akjoujt, au sud d'Atar ; il ferme de ce fait le circuit cyclonique au nord de la dépression.

On ne saurait trop insister sur le fait que celle-ci est marquée essentiellement par l'action antagoniste de deux courants aériens, l'alizé septentrional maritime et la mousson, d'ordinaire inactifs l'un par rapport à l'autre dans ces parages et en cette saison puisqu'à leur limite commune l'alizé — alors très loin de l'anticyclone des Açores, sous la dépendance duquel il se trouve — a perdu toute force.

***

(1) H. Hubert. — Sur la distribution des filets d'air dans les cyclones tropicaux. *Ann. Phy. Gl. Fr. Outre-Mer*, 1934, N° 4, p. 97.

Dans le cas du 8 septembre il en est autrement, parce que cette fois le mouvement de soufflerie, provoqué par l'anticyclone, a communiqué une force exceptionnelle à l'alizé, ce qui a permis un « accrochage » avec la mousson, comme cela a lieu dans les régions de cyclones tropicaux.

En somme, par un concours de circonstances qui ne paraît pas avoir été signalé jusqu'à présent, c'est le mécanisme banal de la circulation des vents autour d'une dépression qui s'est trouvé réalisé. Cette fois, du reste, il y a trois courants aériens en action, condition particulièrement favorable au creusement de la dépression. Il suffit que, par la suite, le dispositif réalisé évolue vers une occlusion pour qu'un mouvement tourbillonnaire rapide se produise (1).

L'individualisation de la dépression mobile IV, le 8 septembre, ainsi que la circulation cyclonique qu'on y observe, sont largement favorisées par le maintien, à une latitude très basse, et à l'ouest de cette dépression, de l'isobare septentrionale 1015. A partir de ce moment, d'ailleurs, le renforcement de l'anticyclone est devenu très net.

***

Le 9 septembre, la dépression IV, qui paraît s'être notablement contractée, s'est engagée sur l'Atlantique. Les quelques observations de vent reçues donnent à penser que la circulation cyclonique s'y est maintenue.

A l'arrière de cette dépression se manifeste nettement une ligne de grain.

Comme on le verra plus loin, la dépression IV a donné naissance, par la suite, au cyclone tropical de New York. Mais, à mon sens, il serait inexact de dire que ce cyclone provient du *grain orageux* observé le 9 septembre dans la région côtière du Sénégal. Le grain orageux est ici un phénomène secondaire, lié à la dépression au moment où il est né, mais il n'accompagne certainement pas celle-ci pendant toute la traversée de l'Atlantique, pas plus que les grains formés en Afrique équatoriale ou occidentale n'accompagnent sur toute leur trajectoire

(1) Si, en effet, lorsqu'un cyclone tropical aborde une côte, on a souvent l'impression qu'il se meut au sein d'une masse d'air homogène, c'est parce que la dépression très creuse qu'il constitue est parvenue au stade d'occlusion. C'est sans doute la raison pour laquelle certains auteurs pensent que le cyclone tropical n'est pas dû à l'action de deux — voire trois — courants aériens, mais qu'il est localisé dans un seul. Or il n'est pas douteux qu'au moment de sa formation, souvent à plusieurs milliers de kilomètres des côtes, le cyclone est dû à l'action antagoniste de deux courants aériens, au moins, et que cette situation se maintient pendant une partie de la vie de ce météore.

les dépressions qui peuvent leur avoir donné naissance.

***

L'insuffisance des renseignements en mer ne permet pas de situer exactement la dépression IV au-dessus de l'océan, le 9 septembre. La seule indication qu'on possède, à l'ouest de Dakar, incline à placer la partie la plus creuse du météore vers le 19° long. W. Gr.

L'existence d'un petit anticyclone isolé — et d'ailleurs temporaire — dans la région de Port-Etienne, ainsi que les autres parties de la carte isobarique ne présentent pas d'intérêt particulier pour le sujet examiné ici.

Les 10 et 11 septembre, bien que l'isobare septentrionale 1015 s'abaisse en latitude sur l'océan Atlantique, l'écrasement de l'anticyclone de Bouaké ne permet pas le renouvellement des conditions des 5 et 8 septembre. La situation isobarique continentale ne comporte d'ailleurs pas de modifications appréciables susceptibles d'avoir une répercussion immédiate et directe quant à la position de la dépression mobile IV.

Celle-ci, qui paraît s'être encore comprimée, a continué sa route vers l'ouest et il n'est matériellement pas possible de donner sa position exacte. Les observations de bateaux permettent seulement de considérer que son point le plus creux, le 10 septembre, est dans le voisinage immédiat des îles du Cap Vert, et probablement vers la plus orientale de celles-ci, par 23° long.W. Paris. Le 11 septembre, ce point serait un peu à l'ouest de cet archipel, par 28° long. W. Paris. Enfin, autant qu'on peut en juger par les observations de bateaux, la circulation cyclonique des vents se serait bien conservée. Elle serait d'ailleurs entretenue par le maintien, à basse altitude, de l'isobare septentrionale 1015 toujours en avant de la dépression IV.

A ce sujet on notera que l'abaissement, vers le sud, de cette isobare s'est maintenu non seulement dans la journée du 12 septembre, mais encore que cet abaissement précédait bien aussi la dépression mise en évidence le 13 septembre dans ces parages par le Weather Bureau, dépression qui devait donner naissance au cyclone tropical de New York.

A l'ouest de cette dépression l'anticyclone des Açores se contracte cependant le 14 septembre, et l'isobare septentrionale 1015 se retire vers le nord, comme pour laisser le chemin libre à la dépression, laquelle se rapproche alors des Antilles. Mais, fait curieux, déjà de hautes pressions se développent sous la longitude des Bermudes et, le 15 septembre, l'isobare septentrionale 1015, rattachée cette fois à un centre anticyclonique mobile centré sur les Bermudes, se prolonge fortement dans le sud, devant la dépression, jusque vers la côte du Vénézuéla (12° parallèle Nord) (1). A partir de ce moment, la dépression, qui devient cyclone tropical, se déplace vers l'ouest dans une sorte de *golfe* mobile entre les deux zones anticycloniques : 1° celle des Açores, à l'est, qui se développe vers l'ouest à mesure que la dépression progresse dans cette direction ; — 2° celle des Bermudes, à l'ouest, qui recule vers l'ouest sur le continent américain.

Le 20 septembre, ces deux zones anticycloniques commencent à s'isoler complètement l'une de l'autre. Le *golfe* qui les séparait va devenir un *détroit* immobile. La dépression s'y déplacera désormais vers le nord, en direction de New York.

Il y a eu ainsi, constamment, aussi bien à l'ouest de la dépression sénégalaise n° IV, aussi loin qu'on a pu la suivre (11 septembre), qu'à l'ouest de la dépression atlantique, à partir du moment où elle a été observée (13 septembre), une zone anticyclonique puissante, qui a assuré sans arrêt leur alimentation en air froid septentrional.

Cela a eu pour conséquence : 1° au début, l'organisation de la circulation cyclonique des vents et le creusement de la dépression, du fait du retard apporté à l'arrivée de l'air chaud ; — 2° à partir du moment où la circulation cyclonique a été suffisamment organisée, la possibilité de réalisation des phénomènes d'occlusion.

Après le 11 septembre, les observations du Service Météorologique de l'A. O. F. susceptibles de se rapporter à la dépression IV font défaut. Il faut alors aborder l'histoire de la dépression du 13 septembre mise en évidence par le Weather Bureau.

V. — Raccordement de la dépression sénégalaise IV au cyclone tropical de New York

Le Weather Bureau a donné la position du centre du cyclone à partir du 16 septembre, et la situation estimée du centre de la dépression — ce n'était pas encore un cyclone tropical — le 13 septembre.

Du 18 au 21 septembre, le météore, dont le caractère dévastateur s'était considérablement amplifié, s'est déplacé à une grande vitesse, de l'ordre de

(1) Pour cette partie de la discussion, les intéressantes cartes du Service Météorologique et de Physique du Globe de la Martinique ont été mises à contribution.

700 à 1.000 kilomètres par jour. Nous n'avons pas à nous en occuper ici. Mais voyons ce qui a dû se passer avant le 18.

La vitesse, déduite des observations du Weather Bureau, aurait été, du 13 au 18, de l'ordre de 540 kilomètres par jour. En extrapolant dans le sens rétrograde, à partir du 13, la trajectoire établie par le Weather Bureau, on trouve que le centre de la dépression correspond, pour le 8 septembre, à 100 kilomètres près, au point le plus creux de la dépression sénégalaise IV étudiée dans le chapitre précédent. Pratiquement il y a donc coïncidence entre cette dépression et celle qui a donné naissance au cyclone de New York. Cette démonstration graphique pourrait suffire pour identifier les deux météores.

Les chiffres donnés par le Service Météorologique de la Martinique permettent d'attribuer au cyclone une vitesse journalière de l'ordre de 550 kilomètres. En extrapolant cette valeur, à partir du 16 septembre et dans le sens rétrograde, jusqu'au 8 septembre, on trouve que le centre de la dépression vient se placer sous la même longitude que la dépression IV ; mais il y a incertitude pour la latitude du centre géométrique de cette dépression, qui tombe vers Conakry ou vers Saint-Louis, suivant qu'on prend, ou non, la position donnée pour le 16 septembre. Mais on peut dire que, là encore, il y a pratiquement coïncidence de la dépression IV et du cyclone mis en évidence par le Service Météorologique de la Martinique.

Si l'on prend maintenant les positions de la dépression données par le Service Météorologique de l'A. O. F., elles permettent de déduire pour la marche de celle-ci une vitesse de l'ordre de 610 kilomètres par jour. Le point central de la dépression tombe alors pratiquement pour le 11 septembre, à 1100 kilomètres environ de celui donné, pour le 13 septembre, par le Weather Bureau. Au point de vue de la distance, il y a donc, là encore, coïncidence. L'accord n'est pas aussi bon si l'on considère seulement les positions en latitude. Il y a une différence d'environ 6 degrés.

Mais, d'une part, la position estimée le 11 septembre par le Service Météorologique de l'A. O. F. paraît un peu trop méridionale, parce qu'elle traduit une déviation — peu probable — de la dépression sur la *gauche* de sa trajectoire. D'autre part, la position approchée donnée par le Weather Bureau est sans doute trop septentrionale parce qu'elle ne comporte aucune déviation de la trajectoire entre le 8 et le 19 septembre, et qu'elle impose à cette trajectoire, le 9 septembre, un coude brusque en désaccord avec les renseignements de l'A. O. F.

Un autre argument peut être invoqué pour abaisser un peu vers le sud la trajectoire donnée par le Weather Bureau, entre le 13 et le 18 septembre. C'est la divergence existant entre la position donnée par ce Service pour le centre du cyclone les 13 et 16 septembre et la situation, en latitude, donnée pour l'isobare 1015 par le Service Météorologique de la Martinique le 15 septembre. Si l'on se reporte en effet aux cartes établies par ce dernier on voit qu'il faut abaisser, pour le 15 septembre, d'environ 400 kilomètres vers le sud la trajectoire des centres indiqués par le Weather Bureau.

En déterminant aussi soigneusement que possible le point le plus creux de la dépression sénégalaise pour les 8, 9 et 10 septembre, j'ai obtenu, comme vitesse moyenne journalière du météore, 530 kilomètres, ce qui est pratiquement le chiffre du Weather Bureau. En extrapolant les positions de ce point à partir du 10 septembre, et en ayant soin de dévier légèrement et régulièrement vers la droite la trajectoire, ce qui me paraît plus vraisemblable que de conserver celle-ci rectiligne ou de lui imposer une déviation à gauche, non appuyée sur des observations, j'ai obtenu les résultats suivants (fig. 19).

Correspondance en longitude, à partir du 13 septembre, des points obtenus par le Weather Bureau, puis par le Service Météorologique de la Martinique. Différence en latitude, de l'ordre 450 kilomètres pour le 13 septembre, cette différence, s'atténuant progressivement pour devenir nulle le 18 septembre. Mais on a vu plus haut qu'il paraissait légitime d'abaisser de quelques centaines de kilomètres vers le sud la trajectoire donnée par le Weather Bureau.

Si l'on remarque que la trajectoire probable présentée ici est une courbe idéale et qu'il ne s'agit pas en réalité d'un point de l'espace, mais d'une zone dépressionnaire ayant au moins plusieurs centaines de kilomètres de diamètre, si l'on tient compte également du fait que la situation de l'isobare septentrionale 1015, en latitude, exclut la possibilité de l'existence, le 13 septembre, de deux dépressions atlantiques indépendantes dont les centres seraient extrêmement voisins l'un de l'autre, on voit que la dépression sénégalaise n° IV est bien celle qui a donné naissance au cyclone de New York.

VI. — Conclusions

On a pu montrer ici les conditions de formation de la dépression IV et l'évolution de celle-ci vers un cyclone tropical, mais il faut reconnaître que cette évolution est due à des circonstances exceptionnelles. Il ne serait donc pas justifié de croire, dès maintenant, à l'origine africaine de tous les cyclones tropicaux atlantiques.

Il a pu être montré en outre que les dépressions mobiles de l'Ouest africain sont liées à des noyaux d'isallobares de sorte que ceux-ci peuvent permettre de déceler la naissance prochaine de celles-là, au milieu du centre dépressionnaire permanent — en cette saison — de Tamanrasset. La dépression sénégalaise du 8 septembre procède en effet d'un noyau isallobarique négatif qui se trouvait, le 4 septembre, à l'est de Bilma.

Les cartes présentées ci-contre confirmeraient, s'il en était encore besoin, que les noyaux isallobariques et les dépressions circulent en Afrique occidentale dans le sens est-ouest, c'est-à-dire comme le courant équatorial (**Ce**). Ce mouvement de translation est, quant à son allure générale, indépendant des autres courants aériens. Ceci me paraît corroborer le fait que le courant équatorial est la manifestation dominante, essentielle même, de la circulation aérienne sous cette latitude, malgré la présence d'autres courants sous-jacents, parfois d'une très grande amplitude, comme l'alizé ou la mousson, mais plus localisés en altitude.

Les cartes accompagnant le présent article mettent encore en évidence d'autres particularités.

1. *Faiblesse des variations de la pression.* — Pour tracer avec quelque certitude l'allure des noyaux de variations pour l'intervalle de 24 heures, il a fallu descendre à l'échelle du millibar. Ceci souligne la différence de régime de l'Afrique tropicale et des pays tempérés, l'Afrique du Nord en particulier. La séparation, au point de vue de la pression, entre les zones tempérée et tropicale en Afrique est d'ailleurs marquée par d'autres éléments importants : dessin des isobares et des isallobares, au nord et au sud de la dépression de Tamanrasset (1) ; — direction opposée du déplacement : 1° des noyaux, 2° des isobares, 3° des vents de la moyenne troposphère.

On notera encore le peu d'importance des variations de la pression, en opposition avec la violence des perturbations observées. Cela tient à ce que ces dernières ne sont pas liées seulement à la succession alternée au-dessus d'un même point de masses d'air froid et de masses d'air chaud occupant de vastes portions de la troposphère, mais sont aussi sous la dépendance de phénomènes thermodynamiques en relation avec l'accumulation progressive de la vapeur d'eau dans le courant équatorial. Sans doute, comme cette vapeur d'eau est transportée en altitude par les courants ascendants la zone où ceux-ci prennent naissance doit être dépressionnaire. Mais la dénivellation barométrique observée au sol peut cependant rester faible du fait de l'augmentation progressive de la tension de la vapeur d'eau, sur plusieurs kilométres en altitude (1).

2. *Constance du dessin général des isobares dans l'Afrique de l'Ouest.*— Pendant la période considérée, la constance de ce dessin a été fonction de la fixité de l'anticyclone des Açores et de celui de Bouaké, ainsi que du centre dépressionnaire de Tamanrasset. On observe seulement : *a*) une simple déformation des limites de ces trois zones en harmonie avec la faiblesse des variations journalières de la pression ; *b*) la constitution temporaire d'une sorte de pince due au rapprochement des deux isobares 1015 et surtout à la descente en latitude de l'isobare septentrionale 1015. Ce mécanisme précède le détachement, du centre dépressionnaire de Tamanrasset, d'une dépression secondaire mobile.

On est fondé à considérer que le dessin général des isobares se maintient pendant assez longtemps et évolue fort lentement : par exemple que ses modifications ne sont importantes que d'un mois à l'autre.

3. *Indépendance, au moins apparente en Afrique occidentale, de la circulation atmosphérique et de la répartition des isobares.* — L'alizé septentrional maritime est sous la dépendance directe de l'anticyclone des Açores (mouvement de soufflerie) (2). Il subsiste pratiquement toute l'année sur l'Atlantique au nord des 15-20e parallèles.

La mousson est sous la dépendance du centre dépressionnaire de Tamanrasset (mouvement d'as-

(1) Bien entendu cette dépression ne subsiste que pendant la période chaude de l'année. Elle est remplacée en hiver par une zone anticyclonique.

(1) La pression en un point au sol est nécessairement la somme des pressions à la verticale de ce point. Mais, en A.O.F., la pression ne décroît certainement pas conformément à la formule laplacienne, puisque la troposphère est essentiellement hétérogène (courants superposés ayant des caractères différents).

(2) H. Hubert, *Ann. Phy. Gl. Fr, Outre-Mer*, 1935, N° 7, p. 2.

piration), du moins pendant la période considérée — ce centre étant mobile en fonction de la déclinaison du soleil (1).

L'anticyclone de Bouaké peut être regardé comme une protubérance vers le nord de l'anticyclone de Sainte-Hélène. Sa présence est susceptible de renforcer la mousson à cette époque de l'année (mouvement de soufflerie) (2).

Ces trois zones de pression agissent simultanément sur la circulation aérienne au sol dans l'Ouest africain ; la direction des filets d'air rapportée à ces trois zones paraît assez souvent ordonnée. Mais, à l'influence, d'ailleurs lointaine, des centres d'action, se superpose, plus directement, celle d'ondes de pression à courte période qui modifient sans cesse la circulation locale et favorisent d'ailleurs, par surcroît, la descente du courant équatorial au sol au moment des grains orageux.

Parmi ces ondes de pression, il y a d'abord la marée barométrique, dont l'amplitude atteint 3 mb. Le présent travail a mis en outre en évidence une pulsation dont la période est de l'ordre de 4 jours et l'amplitude d'une dizaine de mb. Mais il est probable que cette pulsation est due à la composition de plusieurs ondes, comme dans le cas étudié par M. S. Frolow. (*loc. cit.*).

Il semble donc que pour traduire, dans le détail, les relations entre les pressions et les vents au sol, il faudrait, en dehors des cartes d'isobares, établies au millibar, pouvoir dresser d'une façon précise des cartes, à courts intervalles, permettant de dégager toutes les ondes de pression, au lieu des cartes d'isallobares de 24 heures, qui ne donnent qu'une image grossière des variations au sol. Il faudrait aussi pouvoir apprécier au moins l'ordre de grandeur des variations à différentes altitudes.

4. *Conséquence de la descente, vers l'équateur, de l'isobare septentrionale* 1015. — C'est le phénomène mis en évidence pour les cyclones tropicaux de l'Indochine et de Madagascar (3). Le renforcement d'un centre anticyclonique au voisinage du 30e parallèle a souvent pour conséquence l'extension momentanée des hautes pressions en direction de l'équateur. Cette extension, avec les vents N-S (ou S-N dans l'hémisphère méridional), quelle détermine, provoque un arrêt ou un retard dans l'alimentation normale des masses d'air circulant dans une direction plus ou moins perpendiculaire, d'où creusement d'une dépression du côté où cette alimentation se trouve réduite. Ce mécanisme paraît fondamental à l'origine des cyclones tropicaux.

On voit qu'en Afrique occidentale il préside à l'individualisation des dépressions mobiles. De plus, si la déformation des isobares est suffisamment accentuée pour se traduire par une forme en *doigt de gant*, les divers courants aériens, en apparence indépendants les uns des autres et des pressions locales, s'organisent autour de la dépression mobile pour réaliser une circulation cyclonique. Il suffit alors du maintien à une basse latitude de l'isobare 1015 au devant de la dépression mobile pour que cette circulation cyclonique persiste puisqu'il y a en somme continuité à la fois dans l'arrivée de l'air froid et dans le retard apporté à l'alimentation des masses d'air chaud de la dépression mobile. Lorsque celle-ci évolue vers l'occlusion, elle passe à un cyclone tropical — le maintien de l'isobare 1015 à une basse altitude facilitant d'ailleurs cette transformation.

***

Si de longs détails ont été fournis dans cet article, c'est parce qu'il semble qu'il mette en évidence, pour la première fois, la formation de dépressions mobiles émanant du centre cyclonique de Tamanrasset. Il semble aussi que ce soit la première fois qu'ait pu être montrée la naissance d'un cyclone tropical. On voit que celui-ci procède bien d'une dépression et que la circulation cyclonique qui s'y manifeste nécessite, pour prendre corps, l'action simultanée d'au moins deux courants aériens.

C'est en tout cas la première fois qu'il est possible de voir, en Afrique continentale, la naissance d'un cyclone atlantique, le noyau isallobarique qui en était l'origine ayant, par surcroît, été décelé dans la région de Bilma, à quelque 12.000 kilomètres de la côte américaine sur laquelle se sont fait sentir les premiers effets dévastateurs du météore.

Henry HUBERT.

(1) H. HUBERT. *Ibid.*, p. 3.

(2) Elle est susceptible aussi d'entraîner une déficiance des précipitations, laquelle est une caractéristique de la Côte d'Ivoire centrale (H. HUBERT. Nouv. Et. Sur les grains orageux et les pluies en A. O. F., 1922, p. 26-27).

(3) H. HUBERT. *Loc. cit.*

Fig.I

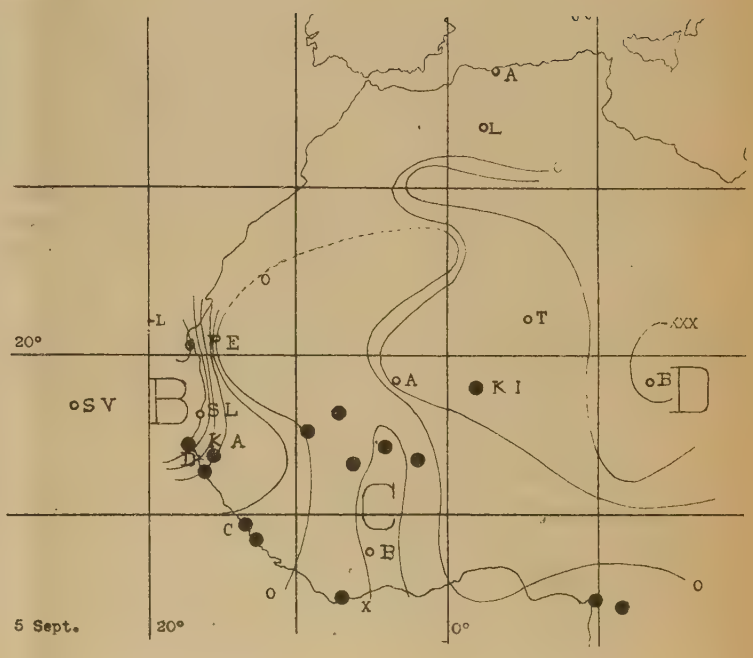


Fig.2

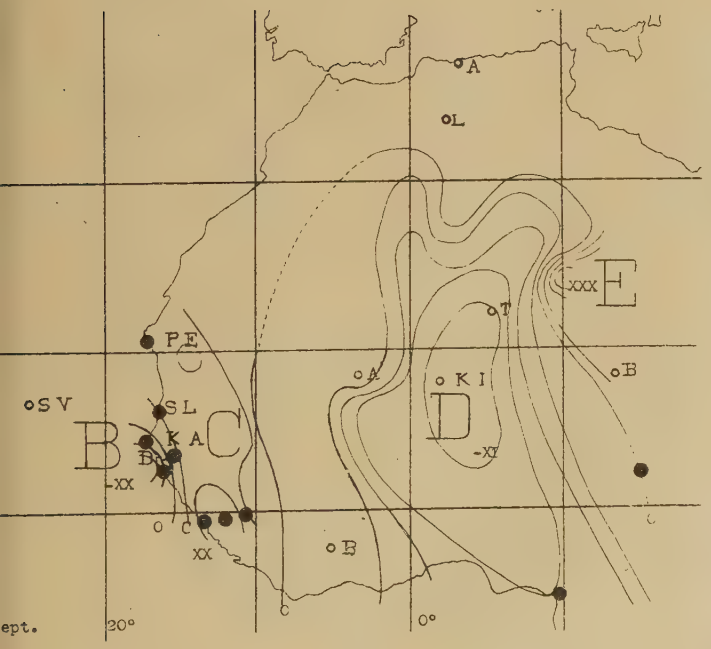


Fig.3

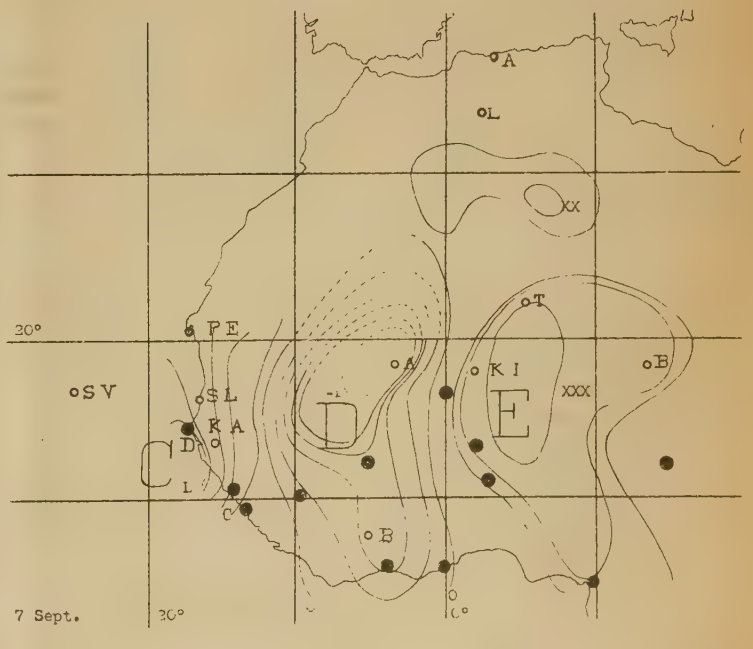


Fig.4

Fig. I à 4.- Isallobares et pluies du 4 au 7 Septembre 1938.

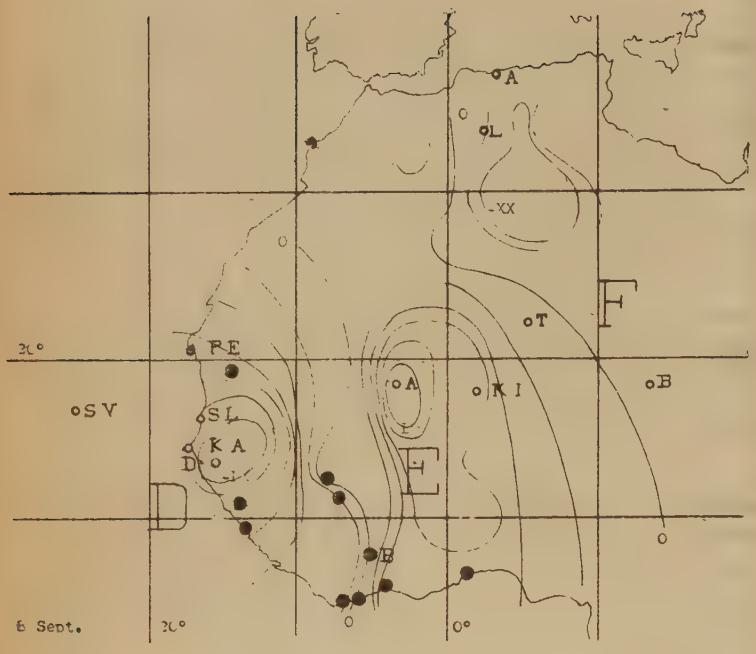


Fig.5

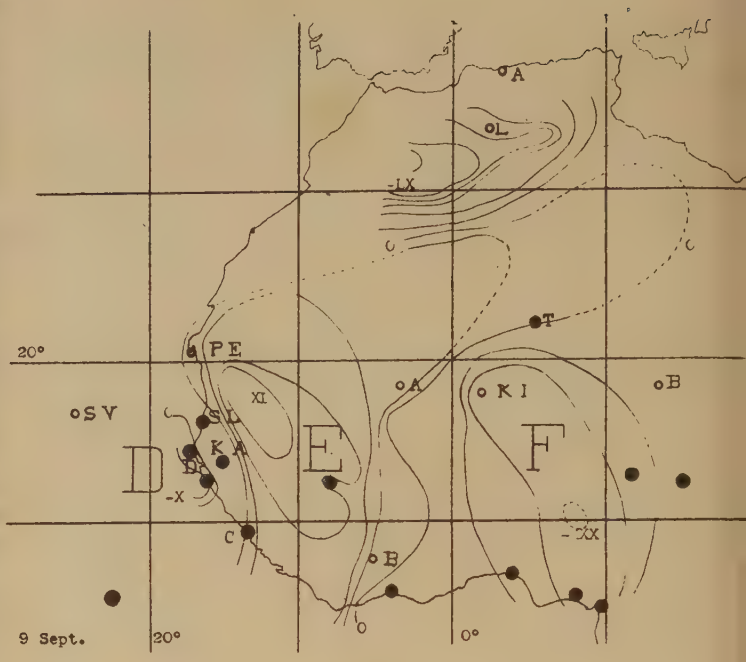


Fig.6

Fig.7

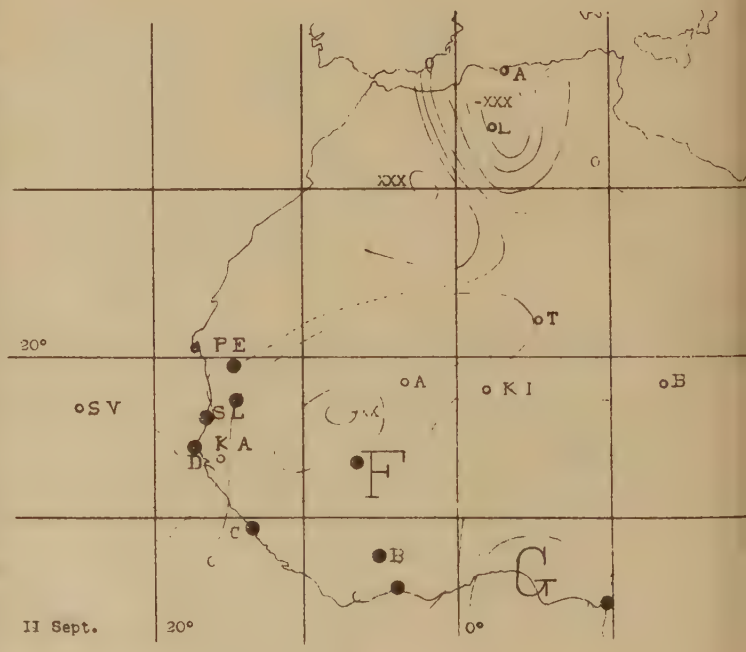


Fig.8

Fig. 5 à 8.- Isallobares et pluies du 8 au 11 Septembre 1938.

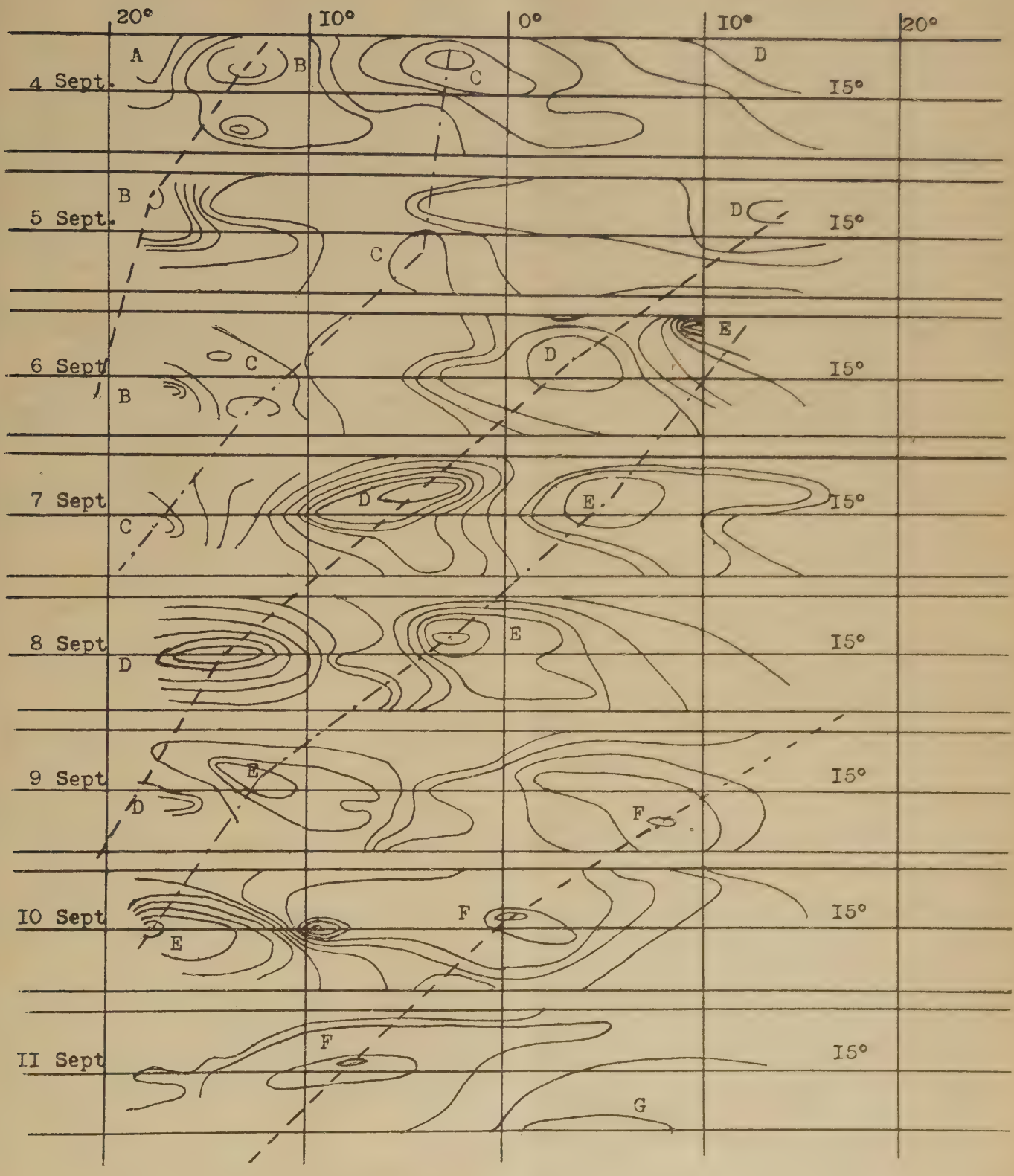


Fig. 9.- Isallobares déformées du 4 au 11 Septembre
Les longitudes sont exagérées 3 fois par rapport aux latitudes

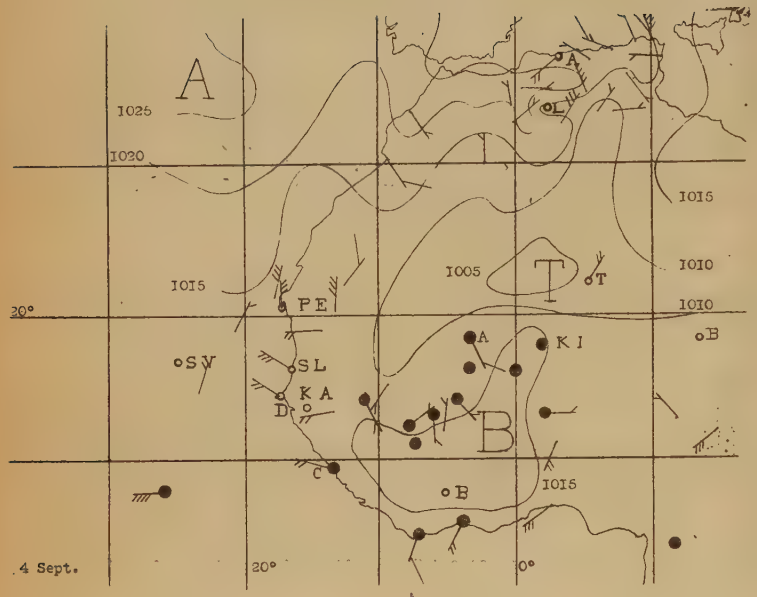


Fig.I0

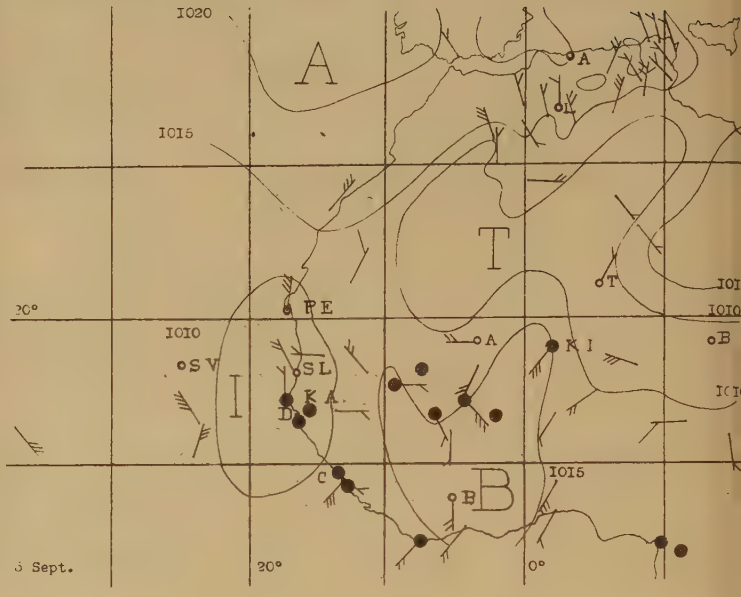


Fig.II

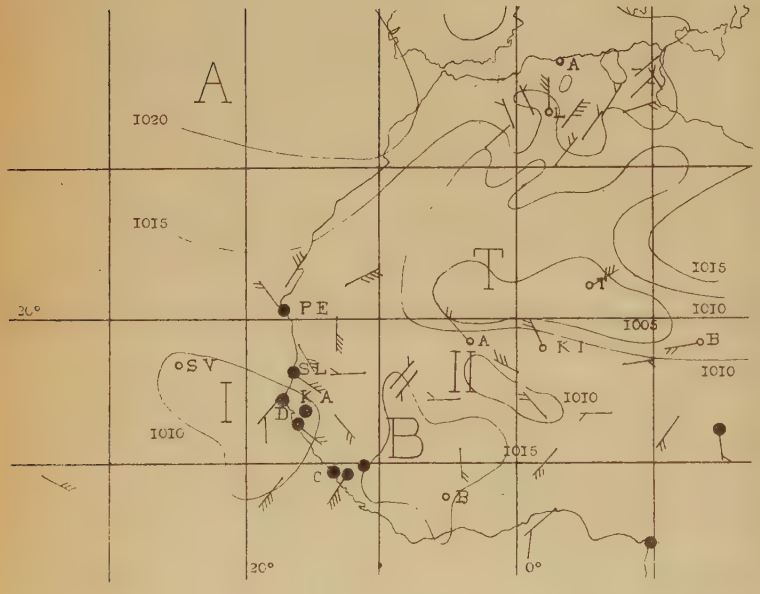


Fig.I2

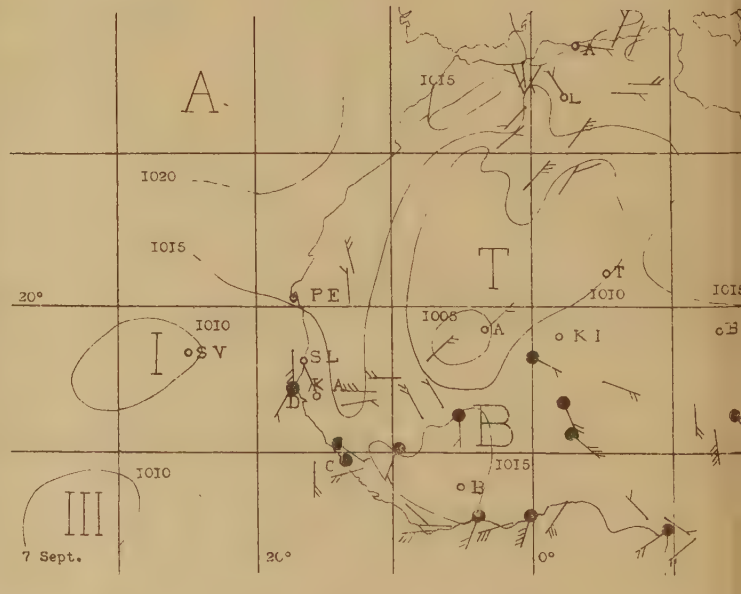


Fig.I3

Fig. I0 à I3.- Isobares, vents et pluie du 4 au 7 Septembre.

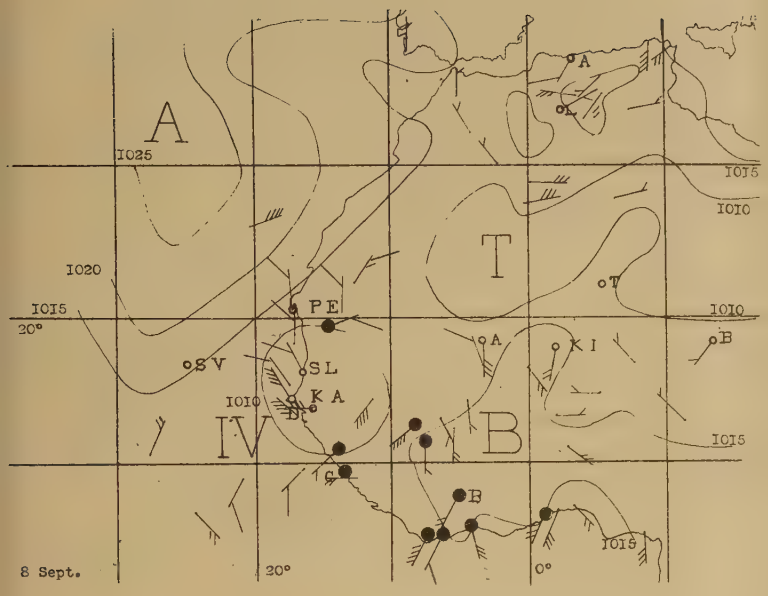


Fig.I4

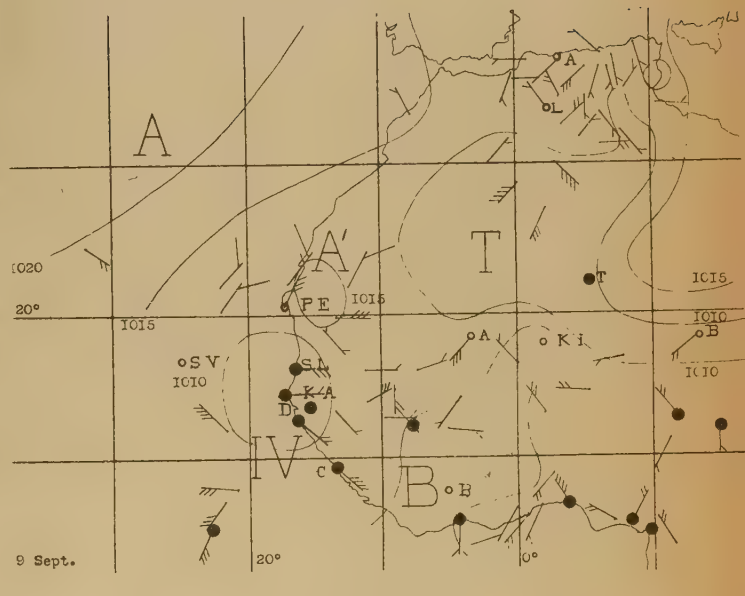


Fig.I5

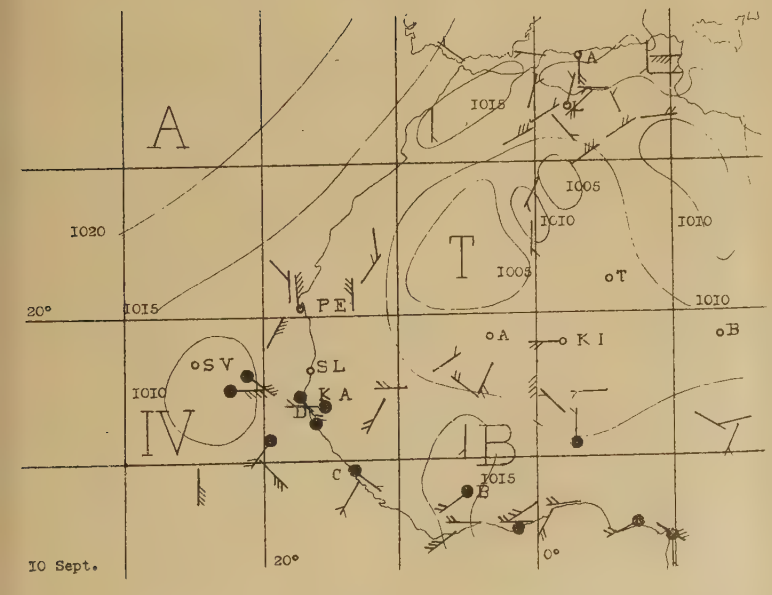


Fig.I6

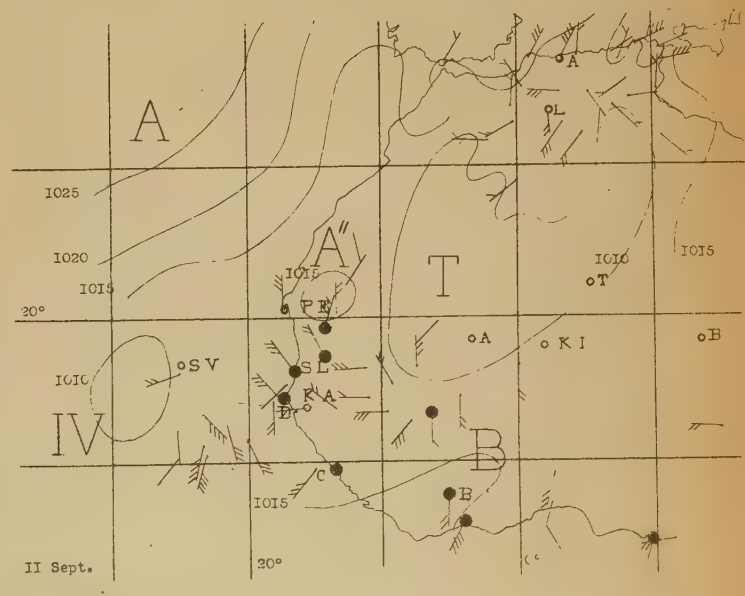


Fig.I7

Fig. I4 à I7.- Isobares, vents et pluie du 8 au II Septembre.

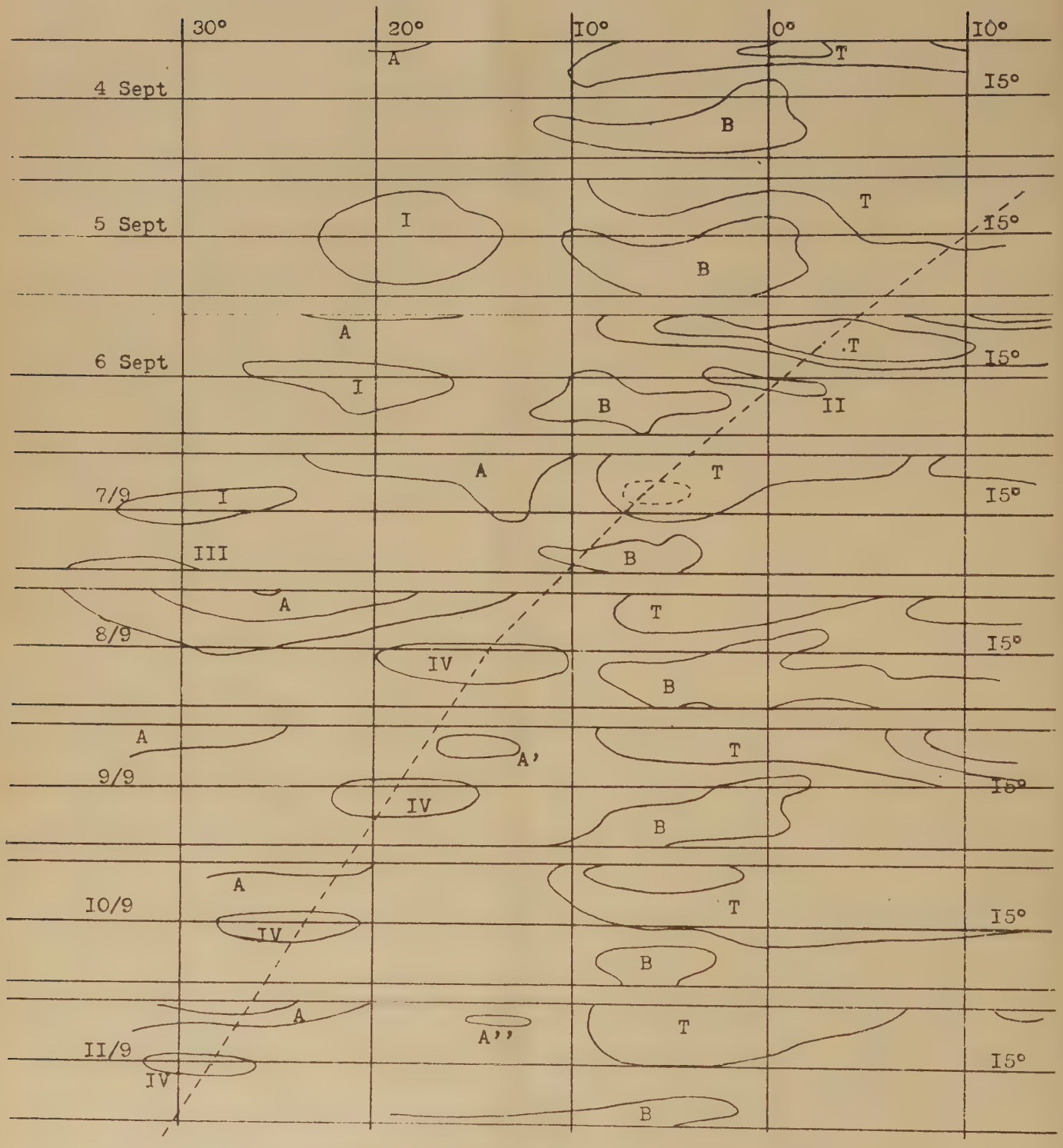


Fig. 18.- Isobares déformées, vents et pluie du 4 au 11 Septembre 1938
(Même déformation que pour la figure 9)

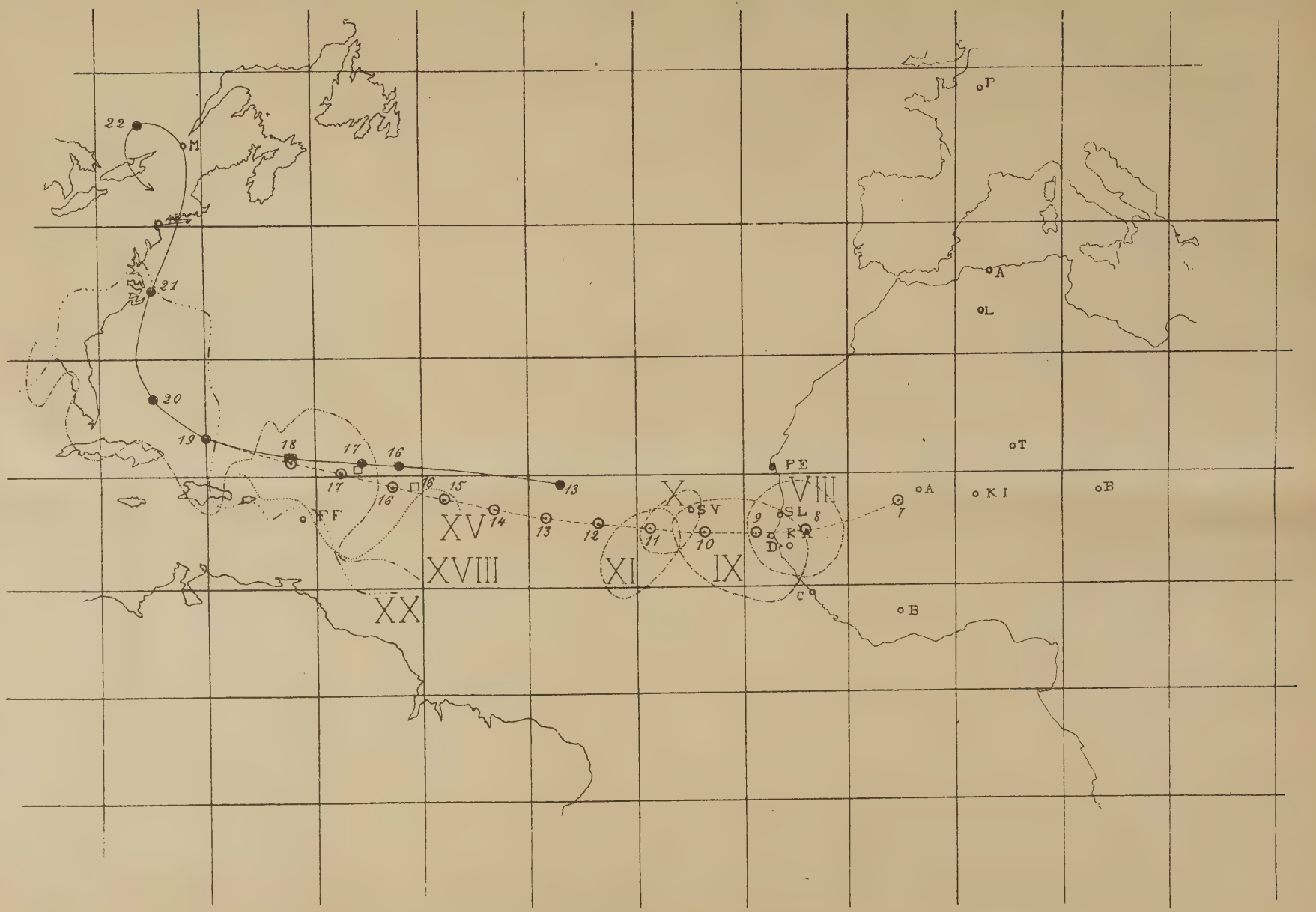
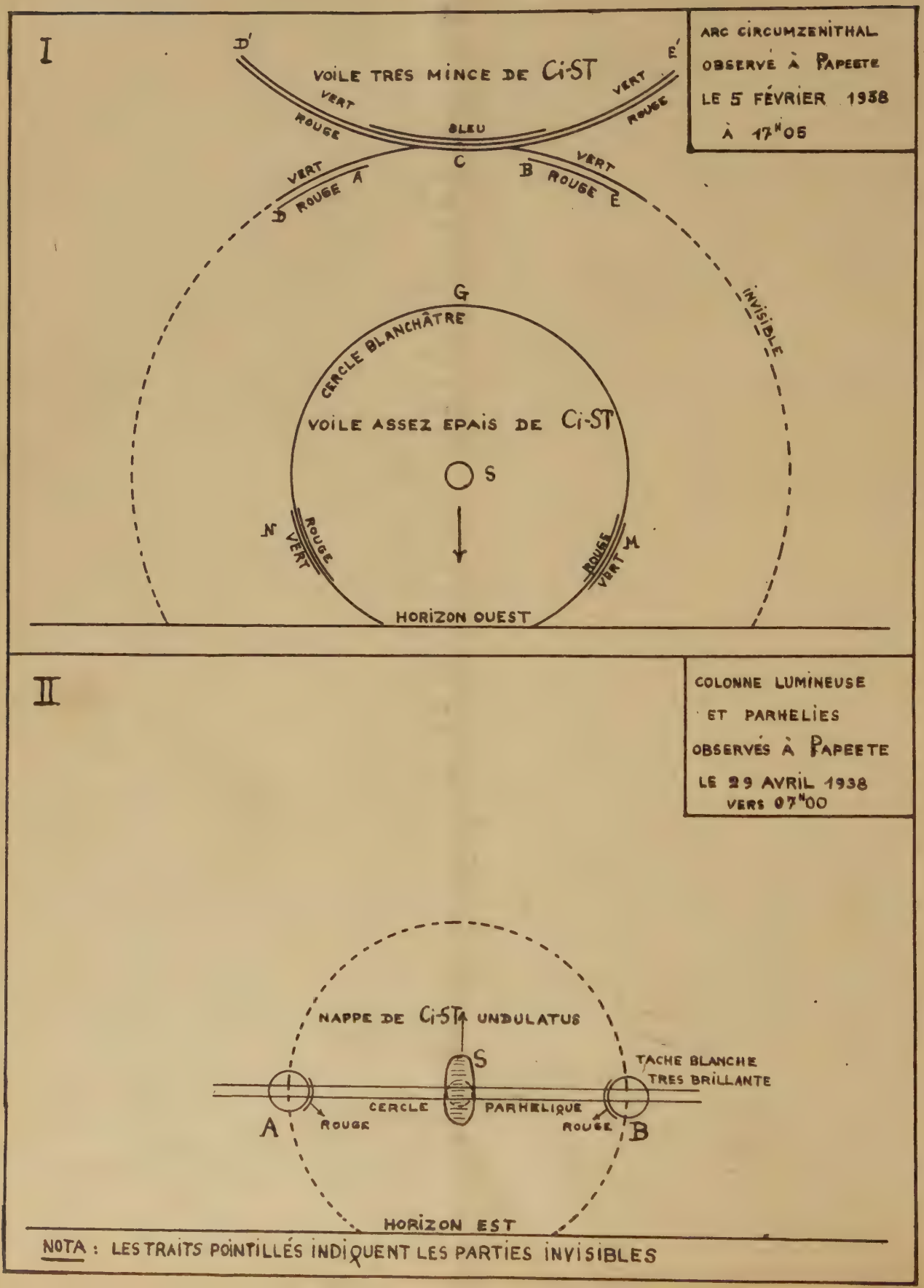


Fig. I9.- Allure théorique du déplacement du cyclone tropical de New York et de la dépression sénégalaise comparée aux renseignements fournis par le Weather Bureau et les Services Météorologiques de l'A.O.F. et de la Martinique (Pour les détails de la légende, voir la note infrapaginale de la page 97).


I
ARC CIRCUMZENITHAL
OBSERVÉ À PAPEETE
LE 5 FÉVRIER 1938
À 17H05
D'
VOILE TRES MINCE DE Ci-ST
E'
VERT
ROUGE
BLEU
VERT
ROUGE
C
VERT
ROUGE
A
B
VERT
ROUGE
D
E
G
CERCLE BLANCHÂTRE
INVISIBLE
VOILE ASSEZ EPAIS DE Ci-ST
S
N
ROUGE
VERT
ROUGE
VERT
M
HORIZON OUEST
II
COLONNE LUMINEUSE
ET PARHELIES
OBSERVÉS À PAPEETE
LE 29 AVRIL 1938
VERS 07H00
NAPPE DE Ci-ST UNDULATUS
S
TACHE BLANCHE
TRES BRILLANTE
CERCLE PARHELIQUE
A
ROUGE
ROUGE
B
HORIZON EST
NOTA : LES TRAITS POINTILLÉS INDIQUENT LES PARTIES INVISIBLES

Phénomènes optiques observés à Papeete (Tahiti)

De très nombreux auteurs ont montré tout l'intérêt à la fois théorique et pratique que présente l'observation des phénomènes optiques de l'atmosphère, et chacun sait, que parmi ces phénomènes, les halos doivent retenir tout particulièrement l'attention de l'observateur du ciel. Non seulement ils nous procurent l'occasion de poser et de résoudre assez souvent de curieux problèmes d'optique cristalline, mais encore ils peuvent nons donner d'utiles renseignements sur l'évolution du temps ; leur présence due en effet à un nuage à cristaux de glace (cirrostratus dans la plupart des cas) fréquemment lié à un système dépressionnaire, peut s'observer quelques heures avant le passage de la dépression et constitue de ce fait, un moyen simple, malheureusement imprécis, de prévoir ce passage.

Les deux séries de phénomènes optiques de la famillle des halos que nous avons dessein de décrire ici, sont assez peu communs en Océanie et, chose curieuse, ils ont été constatés les deux fois, dans la « traîne » d'un système orageux, quelques heures après les manifestations électriques d'un orage passant sur Tahiti. Il nous a paru qu'il pouvait y avoir quelque intérêt à signaler ces faits ; nous allons les résumer ci-dessous en indiquant dans quelles circonstances ils se sont produits.

***

I. — Le premier de ces phénomènes a été aperçu le 5 février 1938, vers 16 heures 50, et on a pu le suivre jusque vers 18 heures 15 environ. La journée avait été marquée dès le matin entre 6 et 8 heures, par des grondements de tonnerre, lointains mais très distincts, paraissant provenir du Nord-Est. On était à ce moment-là à la limite qui sépare le « front » du « corps » d'un système nuageux. De très nombreux « cirrus densus » très opaques, remarquables par la variété de leurs formes, peuplaient tout le ciel, et lui donnaient un aspect écumeux caractéristique. Sous ces cirrus on vit ensuite défiler tous les nuages qui, d'ordinaire, précèdent l'orage proprement dit ; celui-ci éclata au-dessus de Papeete entre 10 heures 30 et 11 heures environ. Il fut marqué par des phénomènes électriques intenses, une courbe barométrique très perturbée (nombreux crochets positifs et négatifs), un coup de vent de Nord-Est avec une vitesse supérieure à 15 mètres/seconde, et une assez forte chute de pluie (10,1 mm.). Au début de l'après-midi, on enregistra des averses modérées, apportées par des cumulonimbus se déplaçant au Nord-Est vers le Sud-Ouest.

Vers 16 heures, le plafond s'élève, une éclaircie s'amorce à l'Est, mais le ciel garde encore, surtout à l'Ouest, l'aspect chaotique, propre aux « traînes » des « systèmes orageux » ; le soleil est alors caché par un « altocumulus explicatus » provenant de l'étalement de la partie moyenne d'un cumulonimbus. Mais bientôt, cet altocumulus se désagrège très rapidement, et laisse apparaître, vers 16 heures 50 environ, un voile blanchâtre, d'épaisseur variable, dans lequel se dessine le contour très net d'un *halo de* 22° : les couleurs du spectre n'y sont pas très visibles, sauf dans les régions M et N (voir figure, page 116) où très distinctement on voit le rouge, le jaune, le vert et quelques traces de bleu. Au zénith, le cirrostratus est si mince qu'on aperçoit le bleu du ciel à travers son voile, et sur ce fond blanc-bleuâtre se détache un éclatant *arc circumzénithal* où les couleurs spectrales sont très vives et nettement séparées. La « brillance » du phénomène s'accroît de plus en plus, et vers 17 heures 05, apparaît, tangent à l'arc circumzénithal, une portion assez grande du *grand halo de* 46° où les couleurs sont également très nettes, mieux séparées que dans le premier halo quoique d'intensité lumineuse moindre. Une observation plus minutieuse du ciel nous montre d'autres fragments du grand halo ; fragments blanchâtres, peu lumineux, que l'on n'aurait probablement pas remarqués, si notre atttention n'avait pas été attirée par les faits mentionnés précédemment.

Le phénomène fut visible jusqu'à 18 heures 10 environ, mais il perdit peu à peu de sa luminosité, au fur et à mesure que le soleil descendait sur l'horizon : le grand halo disparut tout d'abord, puis celui de 22°, vers 18 heures ; l'arc circumzénithal fut le dernier à s'effacer.

Sur la figure de la page 116, nous avons représenté schématiquement l'ensemble du phénomène d'après le croquis que nous avons tracé à 17 heures 05. Les mesures d'angles, faites au théodolite, ont donné à un décigrade près, les résultats consignés dans le tableau suivant. Nous y avons ajouté les valeurs correspondantes dans l'échelle sexagésimale.

***

TABLEAU DES MESURES D'ANGLE FAITES AU THÉODOLITE

POINTS VISÉS	HAUTEUR		AZIMUT		REMARQUES
	GRADES	DEGRÉS	GRADES	DEGRÉS	
Soleil	21.1	18°59'	112.8	101°31'	Grandeur du halo ordinaire : 40°45' — 18°59' = 21°47'
G	45.3	40°46'	d°	d°	
C	72.6	65°20'	d°	d°	Grandeur du halo extraordinaire : 65°20' — 18°59' = 46°21'
A	72.4	65°11'	116.9	105°13'	
B	72.5	65°15'	107.4	96°40'	
D	67.2	60°30'	114.7	103°14'	
E	68.0	61°12'	103.9	93°31'	
D'	94.2	84°47'	133.7	120°20'	Ouverture approximative de l'arc circumzénithal : 36°.
E'	93.1	83°47'	93.4	84°04'	

L'azimut est compté à partir du Nord géographique dans le sens trigonométrique.

II. — La deuxième série de phénomènes a été observée le 29 avril 1937, à partir de 6 heures 55 : elle fut assez différente de la précédente, bien que les conditions de formation ait été sensiblement les mêmes. Un orage venant du Nord-Est, en effet, avait éclaté la veille entre 19 heures 45 et 21 heures, et le lendemain matin on était encore dans la « traîne » du système orageux. Des cirrus écumeux (densus et nothus), aux formes capricieuses et rapidement changeantes, couvraient presque tout le ciel ; à l'Est, ils étaient associés à une nappe assez épaisse de cirrostratus fusiforme aux bords déchiquetés, dans laquelle s'esquissaient des ondulations irrégulières tandis qu'à l'Ouest leur couleur blanche ressortait vivement sur le bleu du ciel. Assez près de nous, mais plus au Nord, toute une série d'altocumulus « esquilleux » aux configurations les plus diverses et situés à toutes altitudes, donnaient une impression de confusion et de désordre que complétaient des cumulonimbus dont les sommets étaient en voie d'étalement.

A 6 heures 55, le soleil était précisément derrière le cirrostratus : on ne distinguait pas nettement le contour de son disque, maus une *colonne lumineuse* 4 fois plus haute que large environ, passait par lui. Des fragments d'un halo de 22°, peu colorés, se remarquaient dans les régions A et B (voir 2e partie de la figure p. 116) et en ces points on voyait des *parhélies* de 22°, taches circulaires blanches assez brillantes, légèrement teintées en rouge sur les bords, du côté du soleil. Une petite bande blanchâtre, *cercle parhélique*, réunissait ces parhélies à la colonne de lumière, tandis qu'elle dépassait sensiblement, à droite et à gauche, le halo de 22°. Celui-ci, à aucun moment, ne fut visible en entier ; les fragments observables étaient d'ailleurs peu brillants. Le phénomène ne dura que quelque 20 minutes : le parhélie gauche B, s'estompa vers 7 heures 10, et le reste s'évanouit 5 minutes après environ ; un banc d'altocumulus cachait à ce moment-là le soleil.

***

Ces phénomènes optiques, véritables jeux de lumière à travers les cristaux de glace, sont, comme nous l'avons dit, assez peu fréquents en Océanie, non pas peut-être, parce qu'ils ne se produisent que très rarement, mais plutôt parce que le ciel de Tahiti est souvent couvert, pendant le jour, par des nuages bas et moyens. Ceux que nous venons de décrire exigent, on le sait, une disposition toute particulière des prismes de glace, et il est curieux de constater qu'ils se soient produits à deux mois d'intervalle, dans des conditions assez semblables, quelques heures après le passage du corps proprement dit d'un système orageux.

J. L. Giovannelli,
Ingénieur Météorologiste, Papeete (Tahiti).

L'alimentation de Djibouti en eau potable

L'alimentation de Djibouti en eau potable utilise la nappe d'eau douce d'Ambouli alimentée par le sous-écoulement de l'oued du même nom.

L'accroissement incessant de la ville, le développement du port et les habitudes d'hygiène peu à peu acquises par les indigènes ont augmenté dans des proportions considérables la consommation d'eau potable et nous nous proposons d'examiner sommairement dans ce travail si la puissance de la nappe est capable de répondre, dans des conditions satisfaisantes, à cet accroissement (1).

En premier lieu, nous allons étudier la régime pluviométrique de la Côte Française des Somalis.

La moyenne des chutes d'eau annuelles, calculée sur une période de 10 ans (1926-1936) est, pour Djibouti, de 125 mm., avec des variations considérables d'une année à l'autre. Ainsi, en 1926, on a noté un total de 244 mm., alors qu'en 1931 ce total atteignait à peine 25 mm.; le coefficient d'irrégularité est donc de 10, c'est un coefficient de région désertique.

La répartition saisonnière des pluies est aussi irrégulière. En principe, les deux saisons des pluies se placent en avril et en décembre-février, nous disons en principe, car ces mois sont assez fréquemment secs alors qu'il pleut quelquefois pendant les autres périodes de l'année; il n'y a que le mois de juin au cours duquel les précipitations soient rares.

Il convient d'ailleurs de remarquer que le régime pluviométrique de Djibouti diffère sensiblement de celui de l'intérieur de la colonie où les pluies sont généralement plus fréquentes et plus abondantes; mais, nous le verrons plus loin, comme le bassin de l'Ambouli, de faible superficie, s'étend sur une région proche de la ville, nous considérerons le régime pluviométrique de ce bassin comme identique au régime pluviométrique de Djibouti.

Puisqu'il s'agit de l'alimentation permanente d'une ville ne disposant pas de réservoirs permettant de retenir une grande quantité d'eau, nous sommes obligés de considérer le cas extrême de l'année la plus sèche, c'est-à-dire celle où le total des chutes atteint seulement 25 mm. Un simple calcul montre que, pour une quantité d'eau égale à 1.100.000 mètres cubes (consommation quotidienne de 3000 mètres cubes) et une chute de 25 mm., il faut une surface réceptrice de 4.500 hectares, en chiffres ronds, dans le cas idéal où l'eau recueillie est conservée sans aucune perte, ce qui est d'ailleurs rigoureusement impossible.

Examinons maintenant le bassin de réception de l'Ambouli. Il s'étend au Sud-Sud-Ouest de la ville, sa superficie ne dépasse pas 50 kilomètres carrés.

La nature du sol est formée, dans la partie supérieure du bassin, par des formations marines du quaternaire et dans la partie supérieure par des séries basaltiques récentes avec des émergences de cônes volcaniques (1).

Dans le cours supérieur et le cours moyen, les pentes sont très fortes, profondément ravinées et totalement dépourvues de végétation; l'écoulement des eaux y est très rapide et ce n'est que près de l'embouchure que la pente diminue quand l'Ambouli pénètre dans la plaine côtière située au sud de Djibouti; son lit est alors encombré d'alluvions.

Le sol de la plaine côtière d'Ambouli est formé de sables et de graviers aquifères au-dessus desquels s'étendent de vastes lentilles d'argile empêchant l'infiltration des eaux superficielles, évitant ainsi, dans une certaine mesure, la pollution des eaux par les matières organiques et les germes pathogènes. Le niveau de la nappe d'eau douce est essentiellement variable suivant les points, les saisons, la consommation et surtout suivant les marées dont l'influence se fait sentir avec un certain retard. Au-dessous de la nappe d'eau douce, et séparée d'elle par une large zone de diffusion, existe une nappe provenant des infiltrations d'eau de mer. Un pompage trop intense créé un large cône de dépression dans la nappe d'eau douce, l'équilibre des deux couches est alors rompu, l'eau saumâtre pénètre dans l'eau douce dont la teneur en chlorure de sodium augmente.

De nombreuses analyses, faites depuis 1934, montrent que la salinité de l'eau distribuée à Djibouti varie de 0 gr. 3 à 1 gr. 6 par litre, le chiffre moyen étant 1 gr. 3. Cette teneur est déjà assez élevée et présente certains inconvénients (chaudières). Si elle venait à s'accroître, l'eau serait impropre à la consommation. Dans certains pays désertiques, on doit

(1) En 1934, la consommation quotidienne atteignait à peine 1200 mètres cubes, en 1938 elle dépasserait certainement 3000 mètres cubes si l'eau n'était pas pratiquement rationnée par irrégularité de distribution et fermeture des vannes pendant la nuit.

(1) Dreyfuss : Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique 1931, vol. IV, fasc. 4, pages 292 et suivant.

bien se contenter d'une eau beaucoup plus chargée en sels minéraux, mais il s'agit généralement de points d'eau utilisés par des caravanne ou par des villages ; une ville de l'importance de Djibouti ne saurait se satisfaire d'une eau dont la teneur en sel dépasserait 2 grammes par litre.

Revenons maintenant au bassin d'alimentation de la nappe d'Ambouli. Nous avons indiqué que sa superficie ne dépassait pas 50 kilomètres carrés et que l'oued Ambouli et ses affluents étaient de véritables torrents, éphémères, charriant des débacles pâteuses où la boue et les pierres se mélangent à l'eau en fortes proportions. Il est évident qu'un tel régime se prête difficilement à l'infiltration et que la majeure partie de l'eau recueillie dans le bassin de ces torrents s'écoule immédiatement dans la mer sans aucun profit pour la nappe phréatique d'Ambouli. De plus, l'allure généralement orageuse des pluies ajoute encore à ces inconvénients, il en résulte que l'Ambouli et ses affluents coulent quelques jours seulement chaque année, certes avec un assez gros débit, mais d'une durée très restreinte. L'écoulement souterrain (underflow) persiste plus longtemps dans la couche d'alluvions, mais il n'est pas permanent et l'on peut considérer qu'à certaines périodes de l'année, la nappe d'Ambouli constitue uniquement un réservoir dépourvu de tout apport d'eau, sauf quelques rares infiltrations à travers les basaltes fissurés, infiltrations de loin insuffisantes pour équilibrer la consommation de la ville (1).

Examinons maintenant quelle peut être la capacité de réserve où puissance de la nappe. D'après les travaux topographiques récents, la surface totale du delta de l'Ambouli atteint à peine 300 hectares (encore faut-il remarquer qu'il s'agit de la surface totale, jusqu'à la mer). Or, à 1 kilomètre environ du rivage, il ne faut plus songer à trouver de l'eau douce puisqu'elle se trouve repoussée par suite de l'action de masse de l'eau de mer par suite du jeu des marées. La surface utile de la nappe se trouve donc réduite à 200 hectares au maximum.

En considérant d'autre part la fréquence des pluies à Djibouti, nous constatons qu'il n'est pas rare d'observer des périodes de sécheresse dépassant 200 jours. Pendant ce laps de temps, la consommation de la ville atteint 600.000 mètres cubes, ce qui, pour une surface de 200 hectares, correspond à une hauteur d'eau de 30 cm., dans la nappe.

L'extraction de cette eau sans aucune compensation présente un grave inconvénient : celui du déplacement de la surface d'équilibre eau douce-eau salée au profit de l'eau salée. Il en résulte un exhaussement du *niveau inférieur* moyen de la couche d'eau douce et une poussée en amont de l'eau de mer. L'inconvénient est double : la nappe phréatique diminue à la fois en surface et en épaisseur. Une enquête menée auprès des anciens colons de Djibouti et des jardiniers d'Ambouli a confirmé ces conclusions : jadis, les cultures maraîchères et les palmiers s'avançaient beaucoup plus près de la mer, peu à peu, et surtout après les années sèches, la teneur en sel de l'eau des puits a augmenté, l'eau est devenue impropre à l'arrosage, les cultures et les arbres ont été repoussés en amont ; des squelettes d'arbres en témoignent.

La conclusion de cet exposé s'impose avec évidence : la nappe d'eau douce d'Ambouli menace de devenir insuffisante pour les besoins de Djibouti. Le recul de la nappe se poursuit avec comme conséquence l'envahissement des galeries par l'eau de mer. Cet envahissement pourrait, d'ailleurs, se produire brusquement par fissuration du sol provoquée par les secousses séismiques dont l'intensité a quelquefois suffi pour occasionner l'effondrement de bâtiments. Tôt ou tard, il faudra trouver une autre solution pour alimenter Djibouti en eau potable. Nous croyons que seule une étude approfondie des nappes d'eau douce de l'intérieur de la colonie (1) permettra de résoudre définitivement un problème de cette importance.

Louis LAPAYRE,
Chef du Service Météorologique
de la Côte Française des Somalis.

(1) D'ailleurs l'existence de ces fissures latérales n'a pas été démontrée et reste une hypothèse séduisante permettant de supposer que la nappe d'Ambouli est partiellement alimentée par des apports d'eau venant des montagnes d'Abyssinie. Il suffit d'examiner une carte de la colonie pour apprécier toute la hardiesse de cette hypothèse à laquelle nous préférons celle de poches successives situées dans le lit même de l'oued et communiquant entre elles par quelques fissures dirigées dans le sens même de l'oued.

(1) En 1934, M. le Gouverneur Général de Coppet, alors Gouverneur de la Côte Française des Somalis, nous avait chargé d'examiner sommairement quelques points d'eau proches de Djibouti. Nous avions consigné dans un rapport intitulé : « Les origines de la nappe préatique d'eau douce d'Ambouli » les résultats de nos recherches. Nous avions indiqué notamment qu'il existait à Oué, à environ 35 km. de Djibouti, un point d'eau dont le débit paraissait intéressant. Les caractéristiques de cette eau étaient : 350 mmgr. de chlorures par litre, 12° hydrotimétriques, ne contenant pas de matières organiques (analyse au permanganate). — L'étude des points d'eau proches de Djibouti mériterait d'être reprise par un géologue spécialisé dans les recherches hydrologiques.

Intensité et durée des chutes de pluie à Tunis

Dans un précédent travail (1), j'ai étudié les caractères des pluies torrentielles en Tunisie (précipitations d'au moins 30 mm. en 24 h.). Pour de nombreuses applications techniques (étude des crûes dans les très petits bassins versants, problème du régime d'alimentation des barrages réservoirs, construction des travaux d'art, égoûts, etc...), il est important de connaître non seulement les quantités d'eau tombées, mais la durée aussi exacte que possible des précipitations.

Au Service Météorologique Tunisien, on effectue le relevé heure par heure des quantités d'eau recueillies à Tunis ; ces relevés horaires fournissent des indications intéressantes, mais ils ne donnent toutefois qu'une idée imparfaite des phénomènes. En effet, les précipitations très abondantes durent souvent moins d'une heure ; des chutes de pluie durant une heure et plus peuvent commencer au cours d'une heure et se terminer pendant l'heure suivante.

Il a donc paru nécessaire de serrer le problème de plus près en étudiant séparément les principales chutes de pluie à l'aide des inscriptions fournies par le pluviomètre enregistreur du Service Météorologique. A cet effet, j'ai relevé au cours de la période 1909-1938 toutes les chutes de pluie ayant fourni au moins 2 mm., en mesurant séparément les éléments correspondant aux fractions de la courbe comprises entre deux points anguleux, ou correspondant à un changement rapide de pente. Toutefois, chaque fois qu'il s'est produit une chute de pluie importante, j'ai noté la quantité d'eau recueillie ainsi que la durée pour l'ensemble.

Deux instruments ont été successivement utilisés pour l'enregistrement des chutes de pluie. Au début de 1909, un pluviomètre à flotteur (amorçage du siphon par électro-aimant) a été mis en service. Il a fonctionné d'une façon suffisamment régulière jusqu'à la fin de 1923. Mais, en 1924 et en 1925, les pannes ont été nombreuses ; certains arrêts se sont prolongés pendant plusieurs mois. En 1925, on a dû remplacer cet appareil ; on a installé à la place un pluviomètre à balance qui a donné satisfaction. Ces deux appareils possèdent la même sensibilité ; les feuilles d'inscription utilisées sont les mêmes : par suite les mesures effectuées à l'aide de ces deux instruments sont bien comparables.

L'étude qui va suivre portera sur les périodes 1909-1923 et 1926-1938 (28 ans), les années 1924 et 1925 ayant présenté trop de lacunes pour qu'une statistique sérieuse puisse en faire état.

Mesure des durées

Le cylindre enregistreur fait un tour en 8 jours et la vitesse de rotation de la feuille est de 1 mm. par 36 minutes. Le trait qui est très fin (1/10 mm.) quand la plume est neuve s'épaissit jusqu'à atteindre 1/2 mm. lorsqu'elle est en service depuis un certain temps. De plus, les feuilles ne sont pas toujours coupées droit, ce qui entraîne une parallaxe dont il y a lieu de tenir compte et dont la mesure entraîne forcément une certaine erreur.

Pour ces diverses raisons, il n'est pas possible de faire des mesures correctes pour des averses ayant duré moins de 20 minutes en général, et de 10 minutes dans les cas les plus favorables.

Mesures des quantités de pluie

Sur les inscriptions, 7 mm. correspondent à une hauteur de pluie égale à 1 mm. ; on peut facilement évaluer 1/10 mm. Il faut noter toutefois que le pluviomètre enregistreur fournit, pour les grandes précipitations, des indications légèrement inférieures à celles du pluviomètre simple.

D'autre part, les indications des pluviomètres tels que les utilisent la plupart des Services Météorologiques et celui de Tunisie en particulier ne sont pas sans prêter le flanc à la critique. Parmi les diverses études qui ont été consacrées à cette question, nous nous bornerons à citer celle de J. Cecil Alter (1). L'auteur remarque que, dans certains cas, des tourbillons se produisent sur la bordure de l'entonnoir et chassent au-dehors une petite fraction de l'eau qui normalement devrait être recueillie par le pluviomètre. Différents dispositifs ont été imaginés pour parer à cet inconvénient. Le plus simple consiste à entourer l'instrument, à une certaine distance, d'une couronne formée de lattes de bois ou de métal. Mais

(1) Les pluies torrentielles en Tunisie. *Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-mer*, 1939, N° 32, p. 3.

(1) Shielded Storage Précipitation Gages. — Monthly Weather Review, July 1937, p. 262, vol. 65, n° 7, Weather Bureau, Washington D. C.

on peut se demander si ces dispositifs ne créent pas d'autres tourbillons qui auraient pour effet de rejeter dans le pluviomètre une petite quantité d'eau qui normalement devrait tomber en dehors. J. Cecil Alter publie à la fin de son travail un tableau où sont rassemblés les résultats des observations effectuées simultanément dans une même station, près de Salt Lake City, avec une série de pluviomètres munis de couronnes protectrices de différente nature et de diamètres variés. On constate que, lorsqu'on installe une couronne de faible diamètre, la quantité recueillie est d'abord plus élevée qu'avec un pluviomètre ordinaire. Si l'on fait croître le diamètre de la couronne, la quantité d'eau recueillie va d'abord en augmentant, puis diminue pour atteindre une valeur limite un peu plus grande que la valeur obtenue à l'aide d'un pluviomètre non protégé.

Pratiquement, on peut admettre que les indications du pluviomètre enregistreur de Tunis sont entachées d'une erreur par défaut qui n'excède pas 10 % au maximum.

Intensité d'une chute de pluie

Afin de pouvoir comparer entre elles les diverses précipitations, il est nécessaire de connaître la quantité d'eau qu'elles ont fourni chacune dans un temps donné. J'appellerai intensité d'une chute de pluie le nombre de mètres cubes tombés par are pendant une durée de 20 minutes : cette valeur a été choisie parce que nos mesures se rapportent à des durées qui sont rarement inférieures à 20 minutes.

D'autres conventions pourraient être adoptées ; de nombreux auteurs appellent intensité la hauteur d'eau, exprimée en mm., recueillie pendant une minute.

Le maximum d'intensité observé à Tunis a été de 1,85 m³ (0,92 mm./minute), le 19 octobre 1938 pour une averse de 20 minutes ; compte tenu des corrections à apporter, on peut estimer que ce maximum est de l'ordre de 2 m³. Une intensité de 2 m³ a également été notée à Alger le 12 novembre 1935, au cours d'une pluie qui a fourni 155 mm. en 24 h.

Des mesures d'intensité ont été effectuées dans divers observatoires français et étrangers. La comparaison des résultats est parfois malaisée, car le déroulement du papier ne s'effectue pas avec la même vitesse sur tous les instruments. Je me bornerai à donner trois exemples.

A l'Observatoire de Tananarive, le pluviomètre enregistreur est muni d'un cylindre qui fait un tour en 24 heures, ce qui permet de mesurer les durées à 2 ou 3 minutes près. Le R. P. Poisson, dans une étude (1) portant sur la période 1928-1932, signale une intensité maximum de 2,4 mm./minute ; l'averse a fourni 40 mm. en 18 minutes. Avec notre notation, cela ferait une intensité d'environ 4 m³, donc très supérieure à tout ce qui a été observé à Tunis jusqu'à ce jour.

L'Observatoire municipal de la ville de Paris, au Parc Montsouris, possède un instrument dont le cylindre fait un tour en 2 heures, ce qui permet d'apprécier facilement la minute. Besson (2), dans un travail relatif aux années 1927 à 1931, note une intensité maximum de 35 mm./m. pour une durée de 1 minute. Il ne faudrait pas en conclure qu'à Paris les intensités sont plus élevées qu'à Tunis ; des chiffres de cet ordre et peut-être même supérieurs seraient notés si, à Tunis, on était également en mesure d'évaluer les durées à 1 minute près.

Enfin, à l'Observatoire Fabra, à Barcelone, Ramon Jardi (3) a installé un instrument construit sur ses indications par la maison Richard, dit pluviographe d'intensités. Cet appareil inscrit directement sur la feuille la valeur de l'intensité exprimée en mm./minute. De 1922 à 1933, des intensités de 3 à 4 mm./minute ont été notées à diverses reprises. Le maximum a atteint 4,9 pendant une durée très courte (inférieure à la minute) pendant la pluie du 14 août 1926. Au total, il est tombé 69 mm. 3 en 1 heure, dont 35 en 20 minutes (suivant notre notation, l'intensité est de 3,5 m³). Au cours de cette pluie exceptionnelle, de nombreuses rues de Barcelone furent inondées, des maisons envahies par les eaux, et en divers points la violence du courant occasionna des dégâts (voir la photographie reproduite dans le mémoire). L'eau a également reflué des égoûts dans quelques rues basses à Tunis, le 19 octobre 1938, sans causer d'ailleurs d'autre dommage qu'une gêne momentanée à la circulation. Ces exemples montrent la nécessité de connaître la valeur de l'intensité maximum pour établir un réseau d'égoûts capables d'évacuer rapidement les eaux lors des grandes précipitations

Il s'agit maintenant de rechercher s'il existe des relations entre les trois facteurs : intensité, fréquence et durée.

---

(1) Note sur les pluies à Tananarive. Publications du Service Météorologique de Madagascar. Tananarive, 1932.

(2) Les averses dans la région parisienne. Annales des Services techniques d'hygiène de la ville de Paris, tome XIII, Météorologie, pp. 1-21. Paris, 1932.

(3) Estudis de la intensitat de la pluja a Barcelona. Institut d'estudis catalans, secció de ciències, Memories, vol. I, fasc. II, Barcelona, 1927. — Voir aussi Gabriel Campo : Distribució horaria de la pluja a Barcelona. Servei Meteorologic de Catalunya, notes d'estudi nº 65, Barcelona 1936.

Relations entre la fréquence et l'intensité

La période d'observation étant trop courte, le calcul des fréquences annuelles moyennes (au moins en ce qui concerne les fortes intensités, celles qui nous intéressent le plus) ne présenterait aucun intérêt. Par fréquence, j'entendrai donc le nombre de chutes de pluies observées à Tunis au cours de ces 28 années. Le tableau I (p. 124) indique le nombre de chutes de pluies ayant présenté des intensités classés par catégories variant de 0,10 en 0,10 m³. Pour les trois premiers groupes, la fréquence varie peu ; elle augmente rapidement quand l'intensité décroît depuis le groupe 0,40-0,49 jusqu'au groupe 0,10-0,19 ; ensuite, elle est plus faible. En réalité, les pluies de 0,09 et au-dessous sont plus nombreuses que ne le fait ressortir le tableau car, parmi les chutes inférieures à 2 mm. que j'ai laissées de côté, bon nombre doivent appartenir à cette catégorie ; quelques-unes aussi doivent se rattacher au groupe 0,10-0,19. Les autres groupes peuvent être considérés comme complets.

Dans le tableau II (p. 124), j'indique le nombre des pluies ayant présenté une intensité égale à au moins 0,10 ; 0,20,... 0,70 (en laissant de côté celles dont l'intensité est inférieure à 0,09). Il existe une relation très nette entre la fréquence et l'intensité. Soit n_1 le nombre de pluies correspondant à une intensité de 0,10 au moins, et n le nombre relatif aux intensités de i au moins ; on a :

$$n_1 = n\,A^{10\,i\,-\,1} \qquad \text{avec } A = 1{,}68$$

Les nombres calculés à l'aide de cette formule figurent dans le tableau II, ainsi que leurs écarts relatifs avec les résultats de l'observation. Jusqu'à $i = 0{,}60$ inclusivement, la concordance est bonne. L'écart relatif maximum est de 4,6 % ; l'écart relatif moyen est 2,6 %. Pour $i = 0{,}70$, la formule ne s'applique plus ; elle fournit un résultat beaucoup trop élevé.

Relations entre la fréquence et la durée

J'ai relevé le nombre de chutes de pluie classées par durée de 20 en 20 minutes pour les diverses catégories d'intensité ; les résultats sont consignés dans le tableau I pour les durées qui n'exèdent pas 7 h. Pour les durées supérieures, l'intensité ne dépasse jamais 0,29.

Pour les intensités de 0,70 et plus, il y a sensiblement autant d'averses de 30 à 40 minutes que d'averses de 10 à 20 minutes ; pour les durées supérieures, il n'y a que 2 précipitations. Pour les intensités comprises entre 0,20 et 0,69, la fréquence décroît quand la durée augmente d'une façon rapide, mais irrégulière, jusqu'à une durée de 2 heures. La variation ne suit pas une loi simple. Des durées plus grandes que 2 h. ne s'observent que pour des intensités inférieures ou égales à 0,30, et elles sont très inégalement réparties.

Pour les intensités de 0,10 à 0,19, on n'a noté que 3 averses dont la durée soit inférieure ou égale à 20 minutes ; j'ai expliqué plus haut pourquoi ce résultat est incomplet et ne doit pas être pris en considération. A partir de 30 à 40 minutes, la décroissance est rapide jusqu'à 2 h. ; au-delà elle est irrégulière. Enfin, pour les intensités de 0,09 et au-dessous, la variation est irrégulière ; les résultats, forcément incomplets, ne figurent dans le tableau qu'à titre d'indication.

On peut, comme nous l'avons fait plus haut, classer les pluies par intensités égales à au moins 0,10, 0,20,... 0,70. Pour les durées de 20 et de 40 minutes, on retrouve une loi analogue entre la fréquence et la durée. La constante A est voisine de 1,6 ; la concordance est toutefois un peu moins bonne, mais elle est néanmoins satisfaisante ; les écarts relatifs se maintiennent largement au-dessous de 10 %. Pour les durées supérieures, la loi ne s'applique plus du tout ; la variation se montre irrégulière.

Relations entre l'intensité et la durée

Dans le tableau III (p. 124), on trouvera la durée moyenne des chutes de pluie correspondant aux diverses intensités. Pour les intensités de 0,40 et plus, la durée moyenne est un peu inférieure à 30 minutes ; elle ne paraît pas être fonction de l'intensité. Pour les intensités inférieures, elle augmente. Cette augmentation semble provenir du fait qu'à mesure que l'intensité décroît, on observe des chutes de pluies de plus en plus longues ; les durées maximum figurent pour chaque catégorie dans le tableau III.

Si on élimine toutes les chutes de pluie ayant duré plus de 1 h., on constate que, pour les intensités de 0,20 et plus, la durée moyenne serait légèrement inférieure à 30 minutes. Pour les intensités inférieures, on note des valeurs plus élevées, mais ici encore, cette augmentation pourrait être plus apparente que réelle, et tenir au fait que les averses de moins de 2 mm. ont été laissées de côté.

Le classement des pluies par intensités d'au moins 0,10, 0,20,... 0,70, ne conduit à aucune conclusion intéressante.

Enfin, dans le tableau III, on trouvera le nombre de mètres cubes tombés par are, en moyenne, pour

TABLEAU I

Fréquences, intensités et durées des chutes de pluie observées à Tunis pendant 28 ans

Intensités		0,70 et plus	0,60-0,69	0,50-0,59	0,40-0,49	0,30-0,39	0,20-0,29	0,10-0,19	0,09-et moins
Nombre des chutes de pluie		28	40	39	79	112	228	348	205
	10 à 20 min.	14	22	23	50	55	116	3	1
	30 à 40	12	12	12	21	29	60	148	
	50 à 1 h.	2	3	2	5	15	22	68	33
	1 h. 20 m.		3	1	3	4	8	30	30
Nombre des chutes de pluie ayant une durée de :	1 40					2	9	20	32
	2 00			1		3	2	13	18
	2 20					1	1	9	10
	2 40					1	1	9	5
	3 00						1	10	1
	3 20							4	2
	3 40							3	5
	4 00						1	3	6
	4 20						1	1	3
	4 40							2	2
	5 00							3	1
	5 20						1	2	2
	5 40							1	2
	6 00						1	3	2
	6 20					1		1	1
	6 40					1	2	1	3
	7 00								2

TABLEAU II

Nombre des pluies ayant présenté une intensité égale à au moins :

	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70
Nombre (observé	874	526	298	186	107	68	28
de pluies (calculé		521	310	185	110	65	39
écart relatif %		+ 1,0	-4,0	+ 0,5	-2,8	+ 4,6	-39

TABLEAU III

Relations entre l'intensité et la durée des chutes de pluie observées à Tunis pendant 28 ans

Intensités	0,70 et plus	0,60-0,69	0,50-0,59	0,40-0,49	0,30-0,39	0,20-0,29	0,10-0,19	0,09 et moins
Durée moyenne d'une chute de pluie	27 m	30 m.	27 m	26 m	44 m	50 m	1 h 43 m	4 h 36 m
Durée maximum observée	1 h 00	1 h 20 m.	2 h 00 m	1 h 20 m	6 h 40 m	16 h 00 m	48 h 00 m	30 h 40 m
Durée moyenne des chutes de pluie d' 1h au plus	27 m	26 m	23 m	25 m	30 m	28 m	44 m	59 m
Nombre de chutes de pluie ayant duré plus d'1 heure	0	3	2	3	13	30	186	171
Nombre de m3 tombés par an en moyenne au cours d'une chute de pluie	1,03	0,98	0,74	0,59	0,77	0,61	0,76	0,64

TABLEAU IV

Nombre des pluies observées pour les différents mois pour les diverses intensités

Intensités	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,70 - 0,79	2	0	3	2	1	0	0	0	11	4	2	3
0,60 - 0,69	3	3	1	2	3	2	0	3	8	8	6	1
0,50 - 0,59	0	9	3	2	2	0	1	0	7	6	3	6
0,40 - 0,49	9	5	3	7	8	3	1	1	11	12	9	10
0,30 - 0,39	12	10	13	10	7	2	2	2	12	11	22	9
0,20 - 0,29	34	26	25	17	13	9	1	2	13	25	32	31
Intensités égales à au moins:												
0,70	2	0	3	2	1	0	0	0	11	4	2	3
0,60	5	3	4	4	4	2	0	3	19	12	8	4
0,50	5	12	7	6	6	2	1	3	26	18	11	10
0,40	14	17	10	13	14	5	2	4	37	30	20	20
0,30	26	27	23	23	21	7	4	6	49	41	42	29
0,20	60	53	48	40	34	16	5	8	62	66	74	60

TABLEAU V

Période 1936-1938 - Nombre des chutes de pluies observées à Tunis et à Sidi Bou Becker

Intensités	0,70 et plus	0,60-0,69	0,50-0,59	0,40-0,49	0,30-0,39	0,20-0,29	0,10-0,19	0,09 et moins.
Tunis	6	2	4	12	9	26	30	16
Sidi Bou Becker	9	5	11	10	9	14	22	22

Année 1938 - Nombre des chutes de pluies observées à Tunis, Sidi Bou Becker et Sidi Saïd

Intensités	0,70 et plus	0,60-0,69	0,50-0,59	0,40-0,49	0,30-0,39	0,20-0,29	0,10 -0,19	0,09 et moins
Tunis	3	0	2	7	3	6	8	5
Sidi Bou Becker	1	2	3	3	4	2	10	7
Sidi Saïd	8	1	1	0	2	7	4	5

une pluie de chaque catégorie d'intensité. Pour les intensités de 0,70 et plus, cette quantité est égale à 1 m³ 06 ; pour celles de 0,60 à 0,69, à 0 m³ 98. Pour les intensités inférieures, elle varie irrégulièrement entre 0,59 et 0,77.

Répartition des intensités par mois et par saison

Le nombre des pluies notées pour les diverses intensités à partir de 0,20, pour chaque mois de l'année et pour les 28 ans d'observations, figure dans le tableau IV (p. 124). Le minimum de fréquence se produit toujours en juin, juillet ou août. Le maximum se produit de septembre à février, suivant les intensités ; il y a parfois un maximum secondaire, assez peu marqué de mars à mai.

Si l'on classe les pluies par intensités d'au moins 0,20, 0,30,... 0,70 (voir tableau IV), on constate que le maximum se produit toujours en septembre, sauf pour les intensités d'au moins 0,20, pour lesquelles il a lieu en novembre. La variation est assez régulière, et l'on n'observe généralement pas de maximum secondaire de mars à mai.

Le classement par saison et par intensités de 0,10 en 0,10 fait apparaître un minimum en été et un maximum en automne, sauf pour les pluies de 0,20 à 0,29, pour lesquelles ce maximum est en hiver. Il n'y a pas de maximum secondaire au printemps. Si on classe les pluies par intensités d'au moins 0,20 ; 0,30,... 0,70, le maximum de fréquence s'observe toujours en automne.

Telles sont donc les principales conclusions que l'on peut tirer de l'étude des inscriptions obtenues à l'aide du pluviomètre enregistreur de l'Observatoire de Tunis. Ces recherches devront être poursuivies d'une façon systématique ; il n'est pas impossible que, dans l'avenir, l'intensité atteigne des valeurs plus élevées que celles qui ont été notées pendant ces 28 années d'observations. Peut-être aussi pourra-t-on parvenir à dégager des lois reliant l'intensité, la fréquence et la durée.

Mesures effectuées dans d'autres stations tunisiennes

A la fin de 1925, un pluviomètre à flotteur, amorçage du siphon par pile et électro-aimant a été installé à Sfax. Malheureusement, son fonctionnement a beaucoup laissé à désirer ; les pannes d'horlogerie ont été fréquentes ; à maintes reprises, le siphon ne s'est pas amorcé. Finalement, après de nombreux arrêts, on a dû renoncer à le maintenir en service dans le courant de l'année 1928. Quelques inscriptions ont cependant été obtenues ; je les ai dépouillées de la même façon que les inscriptions de Tunis. Les mesures ont fourni pour l'intensité une valeur maximum de 0 m³ 86.

D'autre part, le Service hydraulique de l'arrondissement de Tunis-ville, désireux d'étudier l'intensité des pluies dans le bassin d'alimentation du barrage réservoir de l'Oued Kébir, destiné à l'approvisionnement en eau de Tunis et de sa banlieue, a installé 2 pluviomètres enregistreurs dans cette région ; ce sont deux pluviomètres à flotteur du même type que le précédent : ils n'ont eu à subir qu'un petit nombre d'arrêts. L'un a été mis en service à Sidi Bou Becker (40 G, 27 N et 8 G, 32 E de Paris, altitude 350 m.) le 1er octobre 1935, l'autre à Sidi Saïd (40 G, 18 N et 8 G, 12 E, altitude 450 m.) le 1er septembre 1937.

Dans le tableau V (p. 124), on trouvera le nombre de pluies observées (1) pour chaque catégorie d'intensités : 5° pour la période 1936-1938 à Tunis et à Sidi Bou Becker ; 2° pour l'année 1938 à Tunis, Sidi Bou Becker et Sidi Saïd. Pour cette brève période, les intensités de 0,50 et plus sont un peu plus fréquentes dans le bassin de l'Oued Kébir qu'à Tunis. Il sera intéressant de rechercher si les observations ultérieures confirment cette première conclusion.

Les maximums d'intensités observés ont été de 1 m³ 06 à Sidi Bou Becker, le 7 septembre 1936, pour une averse de 20 minutes, et de 0 m³ 94 à Sidi Saïd, le 12 juillet 1938, pour une averse de 10 minutes.

Programme des travaux

On sait que la fréquence des pluies et notamment des pluies torrentielles varie considérablement d'un point à l'autre de la Tunisie ; il serait très nécessaire de connaître s'il en est de même pour leur intensité. C'est pourquoi la Direction des Travaux Publics a pris la décision de doter prochainement le Service Météorologique d'une cinquantaine de pluviomètres enregistreurs Richard-Roche à flotteur, amorçage du siphon par contrepoids.

Ces instruments seront répartis sur tout le territoire de la Régence ; le réseau sera plus resserré dans les zones présentant de l'intérêt au point de vue

(1) Je remercie très vivement M. Ménard, Ingénieur principal adjoint de l'arrondissement de Tunis-ville qui a bien voulu me confier les inscriptions et m'autoriser à les dépouiller.

technique ; une ceinture sera établie autour de la ville de Tunis, et l'équipement de l'impluvium du barrage réservoir de l'Oued Kébir sera complété à l'aide de quelques appareils supplémentaires. Ultérieurement, de nouveaux postes seront créés dans la région de Kairouan, dans les bassins de l'Oued Nebane et de l'Oued Merguellil, où la construction de barrages réservoirs pourrait être envisagée.

C. Bois,
Directeur du Service Météorologique de la Tunisie.

Perte d'eau par rejaillissement sur les pluviomètres au Cameroun

Des différences sensibles ayant été constatées à Douala (Cameroun) dans le courant de l'année 1938 entre les quantités d'eau recueillies dans deux pluviomètres voisins et placés dans des conditions en tous points semblables, nous nous sommes proposé de rechercher si ces anomalies n'avaient pas pour origine les différences de hauteur du cylindre de la bague surmontant le cône récepteur. La perte d'eau par rejaillissement sur le cône récepteur est en effet d'autant plus grande que la hauteur du cylindre de la bague est plus faible et il faut noter que si les différents modèles de pluviomètre actuellement en usage ont une même surface réceptrice, par contre la hauteur du cylindre de la bague varie d'un modèle à l'autre.

Nous avons donc installé dans des conditions identiques et à 1 m. 50 l'un de l'autre : 1° un pluviomètre Association usuel dont la hauteur du cylindre de la bague est de 4 centimètres.

2° Un pluviomètre Association modifié de façon à surmonter le cône d'un cylindre de 27 centimètres.

Les résultats actuellement acquis sont reportés dans le tableau ci-dessous ; nous n'y avons fait figurer que les précipitations de 50 mm. et plus pensant que pour les faibles précipitations les erreurs fortuites prennent une importance relative trop grande. C'est d'ailleurs dans le cas des précipitations violentes que les pertes par rejaillissement sur les pluviomètres sont les plus fortes.

On peut conclure de ces premières observations que la perte d'eau par rejaillissement sur le cône récepteur d'un pluviomètre Association surmonté d'un cylindre dont la bague a 4 centimètres de hauteur ne dépasse pas 2 %. Cette perte augmente en même temps que croît la vitesse du vent et qu'est plus grande l'intensité de la précipitation.

Les différentes colonnes du tableau ci-dessous se rapportent aux valeurs suivantes :

Ht. Cy. : hauteur d'eau recueillie au pluviomètre dont la bague à 27 cm. de hauteur.

Ass. : hauteur d'eau recueillie au pluviomètre Association usuel.

% : excédent d'eau recueillie dans le pluviomètre dont la bague à 27 cm. de hauteur.

I : intensité maximum de la pluie au cours de la précipitation.

V : vitesse maximum du vent au cours de la précipitation.

	Ht. Cy.	Ass.	%	I	V
27 avril..	50,2 mm.	49,0 mm.	2	100 mm./h.	47 k/h.
18 mai ..	86,2 mm.	85,6 mm.	1	103 mm./h.	15 k/h.
19 mai ..	123,7 mm.	121,7 mm.	2	93 mm./h.	33 k/h.
23 mai ..	54,1 mm.	53,5 mm.	1	64 mm./h.	15 k/h.

A. Rogez,
Ingénieur Météorologiste des Colonies, Douala (Cameroun).

NOTES ET INFORMATIONS

Depuis le 1er juin 1939, la **protection météorologique des avions de la ligne Dakar-Natal** est assurée, d'accord avec la Compagnie Air-France, par le Service Météorologique de l'A. O. F.

Le processus de cette protection est le suivant :

a) Sur Dakar-Natal.

1. Une prévision sur le parcours est remise à la Compagnie Air-France la veille à 19 heures.

2. Une nouvelle prévision est remise un peu avant le départ au pilote avec la fiche de renseignements.

b) Sur Natal-Dakar.

1. Une prévision préliminaire est adressée à Natal la veille à 10 heures.

2. Une deuxième prévision est adressée à Natal, également la veille, mais à 19 heures.

3. Les sondages de Dakar et de Saint-Louis sont communiqués à l'avion une première fois huit heures avant son arrivée probable à Dakar ; une deuxième fois, quatre heures avant son arrivée. A partir de ce moment des Q. A. M. sont envoyés en principe chaque heure par les mêmes stations jusqu'à l'arrivée.

Une **marée de tempête** à été observée à Mahanoro (Madagascar) le 20 mars dernier.

Par **arrêtés du Ministre des Colonies** en date des 31 mai et 12 juin 1939, ont été nommés assistants météorologistes stagiaires, MM. Duperthuis (Charles), Davis (Georges), Weiler (Albert, René) et Rozan (Paul, Henri, Fernand) en Afrique Equatoriale Française ; Bellion (France, Henry, Victor) en Indochine.

Le **grade d'Ingénieur-Docteur** a été récemment décerné, avec la mention « très honorable », à M. Lapayre, Ingénieur Météorologiste des Colonies.

La Commission d'Étude de l'Observatoire de Géophysique de la Martinique s'est réunie le 13 mai 1939 au Ministère des Colonies sous la présidence de M. A. Lacroix, Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences. Au cours de cette réunion, la proposition de nommer membres de la Commission M. le Général Perrier et M. Bruzon, Inspecteur général du Service Météorologique Colonial, a été adoptée à l'unanimité. La Commission a en outre abordé plusieurs questions relatives aux crédits alloués à l'Observatoire.

Notre **Consul à Terre-Neuve** a fait savoir au Ministre des Colonies, par l'intermédiaire du Ministre des Affaires Etrangères, qu'une radiosonde (P T U W B, nº 1673) a été trouvée le 1er juin dans les parages de Terre-Neuve, à un mille de West Little Bay. Le ballon porte la date du 23 février 1939.

La **Commission nationale pour l'Etude des calamités** s'est réunie le 14 juin 1939 à 10 heures au Ministère de l'Education Nationale sous la Présidence de M. Ed. Rothé, Correspondant de l'Institut, Directeur de l'Institut de Physique de Globe de l'Université de Strasbourg. Parmi les questions portées à l'ordre du jour, signalons des remarques de M. Labouret sur les famines et disettes de l'A. O. F.. M. Hubert a donné des renseignements concernant l'activité récente du volcan de la Montagne Pelée à la Martinique et sur l'organisation du Service d'observation de ce volcan. Il a parlé en outre du cyclone du 21 septembre 1938 qui a ravagé la région de New-York et a donné quelques éclarcissements sur l'origine africaine de ce météore.

La réunion du **Comité Météorologique International**, de la Commission Internationale de Météorologie aérienne, et de la Commission internationale d'aérologie a eu lieu à Berlin, du 8 au 26 juin 1939. Le Ministre des Colonies s'y était fait représenter par M. Bruzon, Inspecteur Général du Service Météorologique Colonial. Les principales questions traitées à ces réunions visaient : l'élaboration d'un règlement pour la protection internationale de l'aéronautique ; — l'établissement d'un projet de convention météorologique universelle en vue de l'officialisation de l'O. M. I. ; — le développement des études d'aérologie, en particulier des postes de radiosondages indispensables aux services de prévision.

Une série de tremblements de terre dont l'épicentre se trouvait aux environs d'Accra (Gold Coast) s'est manifestée du 22 au 28 juin 1939. La secousse la plus importante s'est produite le 23 juin. Elle a provoqué l'écroulement d'un certain nombre de maisons. Cette secousse a été ressentie au Togo, en particulier à Lomé (où les plumes des séismographes du service Météorologique ont sauté), et à Lagos (Nigeria). On sait que la région d'Accra a été signalée depuis longtemps par M. Hubert comme celle de plus forte séismicité de l'Ouest Africain.

BIBLIOGRAPHIE

Poisson (Charles). — **Un cinquantenaire. L'observatoire d'Ambohidempona à Tananarive, Madagascar, 1889-1939.** Un vol. 16 × 24 cm. de 141 pages. Paris. Louis Dillen, 1939.

Au début de mai 1889, le R. P. Colin s'installait sur une croupe rocheuse voisine de la ville de Tananarive, et y montait le cercle méridien, puis l'équatorial, qui devaient servir à l'étude de l'éclipse du 28 juin. Ce fut la première installation astronomique de la Grande Ile. Elle devait devenir par la suite l'observatoire d'Ambohidempona. Les importants travaux d'astronomie, de météorologie, de séismologie et de magnétisme terrestre poursuivis pendant 50 ans dans cet établissement et dont quelques-uns sont bien connus des lecteurs de ces *Annales*, sont résumés dans cet ouvrage, par l'actuel directeur de l'observatoire, le R. P. Poisson.

***

Guilmet (B.). — **Bulletin mensuel des observations [du service météorologique de l'Indochine]** publié sous la direction de...

C'est une très heureuse initiative que celle prise, depuis juin 1938, par le Service Météorologique de l'Indochine, relativement au développement de son bulletin mensuel. Celui-ci comprend, outre l'évolution du temps pendant le mois considéré, le résumé des observations de pression, température, humidité, tension de vapeur, insolation, évaloration, temps, nébulosité, vent au sol et pluie.

***

Ruby (Colonel F.). — **Nouvelles études sur la grêle.** *Les Etudes Rhodaniennes*, 1938, vol. XIV, Nos 2-3, p. 107.

S'appuyant sur des observations directes faites en avion à l'intérieur ou autour de cumulonimbus, l'auteur indique que la formation de la grêle nécessite la surfusion de gouttelettes fondues au sommet d'un cumulonimbus et la présence de courants ascendants à l'intérieur de ce nuage. La grêle est localisée à l'avant du cumulonimbus, dans un tourbillon étroit, à axe horizontal situé immédiatement au-dessous du faux cirrus.

La défense contre la grêle consiste à disloquer le tourbillon par des explosions de fusées ou de bombes d'avions. Les résultats pratiques obtenus en 1938 dans le Beaujolais sont très saisissants.

***

Kyriazopoulos (B. D.). — **Mesures quantitatives de la rosée à Athènes.** *Praktika de l'Académie d'Athènes*, 1935, 10, p. 225.

Pour déterminer la fréquence de la rosée et l'importance du dépôt, l'auteur utilise des disques carrés de carton blanc placés sur des bancs de bois, à des hauteurs différentes. La plus forte condensation se produit à 25 centimètres du sol.

***

Frolow (V.). — **La composante annuelle des pluies au Maroc.** *C. R. Ac. Sc.* 1938, t. 206, p. 1226. **La composante annuelle de la température maximum au Maroc**, *C. R. Ac. Sc.* 1938, t. 206, p. 1501.

Ces notes contiennent deux cartes de la répartition de la phase de la composante annuelle de la pluie et de la température maximum au Maroc. L'auteur en conclut que l'action du relief détermine la phase de la pluie. Les hauts plateaux du Maroc, de même qu'en Indochine (v. *Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer*, no 23) sont un lieu d'avance de phase. Il s'ensuit que l'on peut délimiter sur la carte les zones dépendant soit de l'océan, soit des éléments morphologiques du relief, et de faciliter par là une prévision à longue échéance.

En ce qui concerne la température, l'auteur déduit que le Maroc se trouve sous l'influence prépondérante du continent africain et qu'en particulier, la plaine du Sébou a la propriété de conduire cette influence plus près de la côte qu'ailleurs, ce qui explique l'existence du lobe d'eau marine anormalement chaud découvert par G. Roux dans le sud-ouest du détroit de Gibraltar.

***

Duval (R. C.). — **Mission hydrographique de l'" Amiral Charner " en Nouvelle-Calédonie (1935).** *Ann. Hydr.* 1938, 3e série, t. 15, p. 215.

Les travaux scientifiques effectués consistent surtout en opérations de triangulation dans la rade Nouméa.

L'Éditeur-Gérant : R. Pinardon.

Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze, 121-123, rue Pierre-Loti. — 1939

LAROSE, ÉDITEUR

11, Rue Victor-Cousin, PARIS (V^e^)

Tous ouvrages relatifs aux Colonies :

OUVRAGES GÉNÉRAUX — HISTOIRE — GÉOGRAPHIE — ETHNOGRAPHIE LINGUISTIQUE — ADMINISTRATION — QUESTIONS ÉCONOMIQUES ET SOCIALES — INDUSTRIE — COMMERCE — PRODUCTIONS SCIENCES — COLLECTIONS COLONIALES — PUBLICATIONS PÉRIODIQUES CARTES

ENVOI FRANCO SUR DEMANDE DU CATALOGUE GÉNÉRAL

Tous les Appareils de Précision pour

MÉTÉOROLOGIE & HYDROLOGIE

Thermomètres de précision ou étalons. Thermomètres frondes. Psychromètres. Hygromètres. Baromètres. Pluviomètres. Évaporomètres. Débitmètres. Ajutages de Pitot. Manomètres divers, etc. etc...

PROLABO

Société pour la fabrication et la vente des produits et appareils de laboratoire RHONE-POULENC. Siège Social et Ateliers, 12-17-19, rue Pelée. PARIS. Usines à Vitry-sur-Seine.

Éditeurs : FELIX ALCAN, Paris - NICOLA ZANICHELLI, Bologna
AKADEMISCHE VERLAGSGESELLSCHAFT m. b. H., Leipzig - DAVID NUTT, London
G. E. STECHERT & Co., New York - F. KILIAN'S NACHFOLGER, Budapest - F. ROUGE & Cie, Lausanne
THE MARUZEN COMPANY, Tokyo.

1939 — 33ème Année

" SCIENTIA ,,

REVUE INTERNATIONALE DE SYNTHESE SCIENTIFIQUE
Paraissant mensuellement (en fascicules de 100 à 120 pages chacun)
Directeurs : G. B. BONINO - F. BOTTAZZI - G. BRUNI
A. PALATINI - G. SCORZA
Secrétaire Général : Paolo Bonetti

EST L'UNIQUE REVUE à collaboration vraiment internationale.

EST L'UNIQUE REVUE à diffusion vraiment mondiale.

EST L'UNIQUE REVUE de synthèse et d'unification du savoir, traitant par ses articles les problèmes les plus nouveaux et les plus fondamentaux de toutes les branches de la science : philosophie scientifique, histoire des sciences, enseignement et progrès scientifique, mathématiques, astronomie, géologie, physique, chimie, sciences biologiques, physiologie, psychologie, histoire des religions, anthropologie, linguistique ; articles constituant parfois de véritables enquêtes, comme celles sur la contribution que les différents peuples ont apportée au progrès des sciences ; sur la question du déterminisme ; sur les questions physiques et chimiques les plus fondamentales et en particulier sur la relativité, sur la physique de l'atome et des radiations ; sur le vitalisme. " Scientia ,, étudie ainsi tous les plus grands problèmes qui agitent les milieux studieux et intellectuels du monde entier.

EST L'UNIQUE REVUE qui puisse se vanter de compter parmi ses collaborateurs les savants les plus illustres du monde entier.

Les articles sont publiés dans la langue de leurs auteurs, **et à chaque fascicule est joint un Supplément contenant la traduction française de tous les articles non français. La Revue est ainsi entièrement accessible même à qui ne connaît que le français.** (*Demandez un fascicule d'essai gratuit* au Secrétaire Général de « Scientia », Milan, *en envoyant trois francs en un seul timbre-poste de votre Pays, - à pur titre de remboursement des frais de poste et d'envoi*).

ABONNEMENT : Fr. 400
Adresser les demandes d'abonnement pour la France et ses Colonies à la Librairie Félix Alcan, 108, Boulevard Saint Germain. Paris VI

CHASSELON

5, rue Amédée Picard, Cachan (Seine)
Tél. Alésia 15-10

-: Fournisseur des Services Publics — Colonies — Marine :-
Service Géographique de l'Armée — Institut de Physique du Globe

Instruments de Précision pour la Géodésie, la Topographie

APPAREILS MAGNÉTIQUES POUR LA MESURE DU CHAMP TERRESTRE
CERCLES D'ALIGNEMENT — TACHÉOMÈTRES
THÉODOLITES DE DÉCLINAISON AVEC SUPPORTS POUR LA COMPOSANTE HORIZONTALE
BOUSSOLES D'INCLINAISON — THÉODOLITES

CATALOGUE FRANCO SUR DEMANDE

REVUE SCIENTIFIQUE
ILLUSTRÉE

(REVUE ROSE)
-: fondée en 1863 :-
Directeur : PAUL GAULTIER, membre de l'Institut

La **Revue Scientifique** est le seul périodique de langue française qui tienne ses lecteurs au courant, à la fois des plus hautes spéculations de la Science et des progrès incessants de l'Industrie.

Chacun de ses numéros contient :

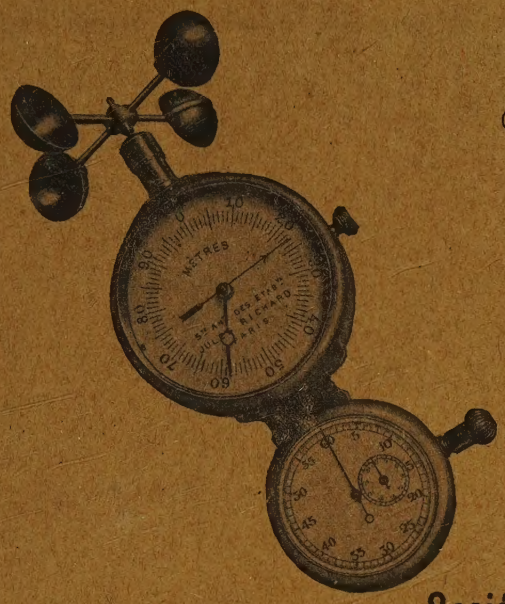
des ARTICLES sur des questions générales, signés des savants les plus réputés ;
des NOTES et ACTUALITÉS, mine de renseignements classés méthodiquement ;
des NOUVELLES sur les Académies, Universités, etc. ;
les COMPTES RENDUS détaillés des séances de l'Académie des Sciences de Paris ;
une CHRONIQUE BIBLIOGRAPHIQUE.

La REVUE SCIENTIFIQUE paraît le 2e et le 4e samedi de chaque mois

PRIX DES ABONNEMENTS :
Un an : FRANCE, 90 fr. ÉTRANGER, 110 fr.
Six mois : FRANCE, 55 fr. ÉTRANGER, 66 fr.

PRIX DU NUMÉRO :
FRANCE, 5 fr. ÉTRANGER, 6 fr.

PARIS, 3, rue Clément-Marot (8e)



Société Anonyme des

Etablissements Jules RICHARD

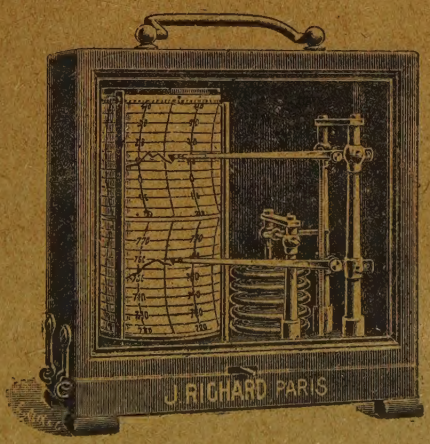
25, Rue Mélingue, PARIS (20e)

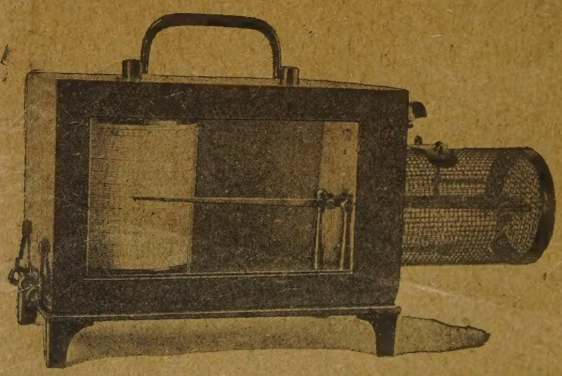
Tél. : Botzaris 88-80 — Tél. : Botzaris 88-80

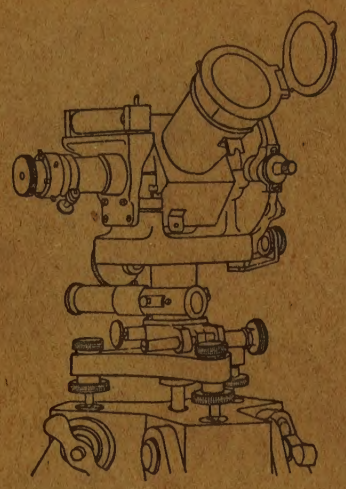
INSTRUMENTS DE PRÉCISION

de Mesure et de Contrôle

pour les Sciences et l'Industrie







A. BERTHELEMY ✪ - LORIEUX ✻ - PONTHUS ✻ et THERRODE ✻

Etabts Albert LEPETIT & Cie

Société en commandite simple. Capital 1.000.000 de francs

Constructeurs

20, Rue Marie Debos, à Montrouge (Seine)

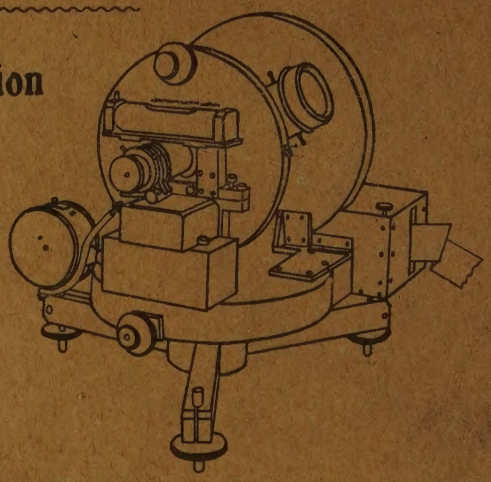
Tél. Alésia 26-37 et 26-38 ——— Ad. tél. Ponrode Paris 14

Fournisseurs des Ministères des Colonies, de la Marine, du Service Géographique de l'Armée.

Instruments de Précision

pour

— la Topographie, la Marine —
l'Aviation, la Météorologie, etc...



THÉODOLITES SIMPLES ET ENREGISTREURS
POUR LE REPÉRAGE DES BALLONS-SONDES

Catalogues franco sur demande

Rég. Comm. Seine 229-817B

J. TONNELOT ✪ I. P., A

Maison fondée en 1830

25, Rue du Sommerard. — PARIS

Fournisseur des Ministères. Observatoires français et étrangers

INSTRUMENTS DE PRÉCISION
- POUR LA MÉTÉOROLOGIE -

BAROMÈTRE TONNELOT MODÈLE A LARGE CUVETTE ET ÉCHELLE COMPENSÉE

BAROMÈTRES FORTIN TOUS MODÈLES
-: PLUVIOMÈTRES — ÉPROUVETTES -:
THERMOMÈTRES A MAXIMA, A MINIMA
——— FRONDE ———
PSYCHROMÈTRES — ÉVAPOROMÈTRES

Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze.

Visa du Contrôle de l'Information (Section de Rochefort) N° 11.